МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

ISSN 2414-0651

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

4(20)
2018

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ЩОКВАРТАЛЬНИК
ВИДАЄТЬСЯ З СІЧНЯ 2014 РОКУ

Керівник проекту,
голова редакційної ради
І.Б. Чепков,
д-р техн. наук

Редакційна колегія:
С.В. Лапицький, д.т.н., гол. ред. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
М.І. Васьківський, д.т.н., заст. гол. ред (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
В.В. Глєбов, д.т.н. (ХКБМ)
А.С. Довгополий, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
В.В. Зубарєв, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
О.М. Купріненко, д.т.н. (НАСВ)
О.П. Коростельов, д.т.н. (ДержККБ «Луч»)
Д.Б. Кучер, д.т.н. (ІВМС НУОМА)
Д.П. Кучеров, д.т.н. (НАУ)
Б.М. Ланецький, д.т.н. (ХНУПС)
М.І. Луханін, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
М.М. Мітрахович, д.т.н. (ДП «Івченко-Прогрес»)
Б.О. Оліярник, д.т.н. (ДП «ЛОРТА»)
П.П. Чабаненко, д.в.н.,(ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
С.М. Гімбер, секр. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Редакційна рада:
Ю.А. Гусак, д.в.н. (ВНУ ГШ ЗСУ)
М.М. Шевцов (ОЗСУ)
Г.В. Пєвцов, д.т.н. (ХНУПС)
П.П. Ткачук, д.іст.н. (НАСВ)
В.Б. Толубко, д.т.н. (ДУТ)
О.В. Харченко, д.т.н. (ДНДІА)

Розглянуто та схвалено до друку науково-технічною радою ЦНДІ ОВТ ЗС України (протокол №10 від 13.12.2018)

Оригінальний макет виготовлено *Видавничим домом Дмитра Бураго*

Адреса редакції:
Україна, 03049, м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28
Тел.: (044) 271-0966
Факс: (044) 520-12-84
E-mail: cndi_ovt@mil.gov.ua

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованного засобу масової інформації серія КВ №20209-10009Р від 20.08.2013

Журнал входить до переліку наукових видань Міністерства освіти і науки України (наказ №7-дск від 30.09.2014)

© ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2018

У НОМЕРІ

ВОЄННО-ТЕХНІЧНА ПОЛІТИКА

Поліщук Л.І., Климович О.К., Богуцький С.М., Пащетник О.Д. Процес прийняття рішення на ведення бойових дій в сухопутних військах збройних сил країн НАТО 3

Борохвостов І.В., Білокур М.О. Аспекти існуючих документів оборонного планування щодо пошуку шляхів оснащення озброєнням військових формувань . . . 9

Головін О.О., Стрижак О.Є. Окремі технологічні аспекти впровадження принципів мережецентричності в перспективні знання-орієнтовані інформаційно-аналітичні системи управління розвитком озброєння та військової техніки 19

АРТИЛЕРІЙСЬКЕ ТА СТРІЛЕЦЬКЕ ОЗБРОЄННЯ

Князський О.В., Мосійчук С.Я., Шевцова Т.М. Аналіз підходів до побудови систем управління керованих артилерійських (реактивних) снарядів малого калібру 26

Александрова Т. Е. Построение области устойчивости цифровой системы наведения и стабилизации танковой пушки в плоскости варьируемых констант алгоритма стабилизации 30

ЗЕНІТНІ РАКЕТНІ КОМПЛЕКСИ

Николаев И.М. Формализация задачи синтеза облика зенитной ракетной системы нового поколения на основе системно-концептуального подхода 34

ТЕХНІКА ТА ОЗБРОЄННЯ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ

Дерепа А.В., Аверичев И.В., Лейко О.Г., Кизима Д.М., Святненко А.О. Свойства цилиндрических гидроакустических преобразователей с внутренними податливыми экранами 40

ВИРОБНИЦТВО, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РЕМОНТ

Потапенко С.В. Осушувальні пристрої в оптико-електронних приладах військового призначення 47

Рижов Є.В. , Сакович Л.М. , Настишин Ю.А. , Кириллова Н.В. Обґрунтування мінімально необхідних вимог до засобів вимірювань при двоступеневій системі діагностування в процесі поточного ремонту військової техніки зв'язку 54

ІНФОРМАЦІЯ

Борохвостов В.К. VI Міжнародна науково-практична конференція “Проблеми координації воєнно-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки”: Основні підсумки 59

РЕЗЮМЕ 70

MINISTRY OF DEFENSE OF UKRAINE
CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF ARMAMENTS AND MILITARY EQUIPMENT
OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

ISSN 2414-0651

WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

4(20)
2018

SCIENTIFIC JOURNAL

QUARTERL
PUBLISHED SINCE JANUARY 2014

TABLE OF CONTENTS

MILITARY TECHNICAL POLICY

Polishchuk L.I., Klimovich O.K., Bogutsky S.M., Pashestnik O.D. The decision-making process for military operations in the ground forces of the armed forces of the NATO countries 3

Borohvostov I.V., Bilokur M.O. Aspects of existing defense planning documents on the ways of the military formations arming 9

Golovin O.O., Stryzhak O.E. Separate technological aspects of implementation of the principles of network centricity in perspective knowledge-oriented information and analytical management systems for the development of armament and military equipment 19

ARTILLERY WEAPONS & SMALL ARMS

Knjazsky O.V., Mosiychuk S.Y., Shevtsova T.M. Analysis approaches to construction management systems managed artillery (reactive) projectile of small caliber 26

Alexandrova T. E. Construct the stability range of the digital system of guiding and stabilizing the tank gun in the flat of varying constants of stabilization algorithm 30

AIR DEFENSE SYSTEMS

Nikolaev I. Formalization of task of synthesis of look of the anti-aircraft missile system of new generation on the basis of system-conceptual approach 34

NAVY ARMAMENT& EQUIPMENT

Derepa A., Averichev I., Leiko O., Kizima D., Svyatnenko A. Properties of cylindrical sonar transducers with internal flexible screens 40

PRODUCTION, MODERNIZATION, MAINTENANCE

Potapenko S. Desiccant-cartridges for military electro-optical systems 47

Ryzhov Y., Sakovych L., Nastishin Yu., Kirillova N. Justification of minimally necessary requirements for measurement means with a two-performed diagnostic system in the process of the current repair of military communication means 54

INPUTS

Borohvostov V.K. VI International Scientific Conference Challenges of coordination of military technical and defense industry policies in Ukraine. Prospects of development of armament and military equipment. Basic results 59

RESUME 70

Project Manager,
Editorial Director
Chepkov I.B.,
DEng

Editorial Board:

Lapytskyi S.V., DEng, Chief Editor (CRI WME AFU)
Vaskivskyi M.I., DEng, (CRI WME AFU)
Glebov V.V., DEng (KMDB)
Dovhopolyi A.S., DEng (CRI WME AFU)
Zubariev V.V., DEng (CRI WME AFU)
O.M. Kuprinenko, DEng (Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)
Korostelyov O.P., DEng ("SKDB"Luch")
Kucher D.B., DEng (NI NU "OMA")
Kucherov D.P., DEng (NAU)
Lanetskyi B.M., DEng (KNUAF)
Lukhanin M.I., DEng (CRI WME AFU)
Mitrakhovych M.M., DEng (SE Ivchenko-Progress)
Oliyarnyk B.O., DEng (SE "LSP"LORTA")
Chabanenko P.P., DScMil, (CRI WME AFU)
Himber S.M., secretary, (CRI WME AFU)

Editors:

Husak Yu.A., DScMil (MSD GS AFU)
Shevtsov M.M. (AAFU)
Pyevtsov H.V., DEng (KNUAF)
Tkachuk P.P., DSc (Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)
Tolubko V.B., DEng (SUT)
Kharchenko O.V., DEng (SRIA)

Reviewed and approved for publication by Science and Engineering Board (record No.10 of 13.12.2018)

Original dummy copy was made by Dmitry Burago Publishing House

Editorial address:

Ukraine, 03049, Kyiv
28, Povitroflotsky Ave
tel.: (044) 271-0966
fax: (044) 520-12-84
E-mail: cndi_ovt@mil.gov.ua

Printed Medium State Registration Certificate serial No. KB 20209-10009R of 20.08.2013

Journal is in the list of scientific professional publications of the Ministry of Education and Science of Ukraine (order No.7-FOUO of 30.09.2014)

© CRI WME AF OF UKRAINE, 2018

УДК 004.65

Л.І. ПОЛІЩУК,
О.К. КЛИМОВИЧ, *кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,*
С.М. БОГУЦЬКИЙ, *кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,*
О.Д. ПАЩЕТНИК, *кандидат технічних наук, старший науковий співробітник*
(Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)

Процес прийняття рішення на ведення бойових дій в сухопутних військах збройних сил країн НАТО

У статті представлено порядок прийняття військових рішень у Сухопутних військах Збройних Сил країн НАТО за їх стандартами. Для детального аналізу варіантів бойових дій розглянута воєнна гра, в ході якої проводиться візуалізація ходу операцій, враховуючи сильні сторони своїх військ і їх розташування, можливості противника та можливі його варіанти бойових дій, вплив і потреби цивільного населення в районі операції, а також інші аспекти обстановки. Результатом воєнної гри є уточнений варіант бойових дій, заповнена матриця синхронізації, а також шаблон підтримки прийняття рішення і матриця підтримки рішення для кожного варіанту бойових дій.

Ключові слова: процес прийняття рішення, варіант бойових дій, процедура військового керівництва, процес прийняття військових рішень.

В статье представлены порядок принятия военных решений в Сухопутных войсках Вооруженных Сил НАТО по их стандартам. Для детального анализа вариантов боевых действий рассмотрена военная игра, в ходе которой проводится визуализация хода операций, учитывая сильные стороны своих войск и их расположение, возможности противника и возможные его варианты боевых действий, влияние и потребности гражданского населения в районе операции, а также другие аспекты обстановки. Результатом военной игры является уточненный вариант боевых действий, заполненная матрица синхронизации, а также шаблон поддержки принятия решения и матрица поддержки решения для каждого варианта боевых действий.

Ключевые слова: процесс принятия решения, вариант боевых действий, процедура военного руководства, процесс принятия военных решений.

Вступ. Досвід війн і воєнних конфліктів підтверджує, що успіх ведення бойових дій, поряд з іншими факторами, буде у тієї сторони, яка більш оперативно приймає рішення та своєчасно організовує їх виконання. Вирішення протиріч між збільшенням кількості і об'ємів завдань з управління та постійним скороченням часу на їх вирішення органами управління (ОУ) привело до автоматизації і комп'ютеризації діяльності ОУ.

Тенденція створення автоматизованих систем управління (АСУ) військами і зброєю полягає в інтеграції систем командування, управління, зв'язку, обчислювання, розвідки, спостереження, навігації, бойового управління та всебічного забезпечення.

На даний час особливості проведення оборонної реформи в Україні обумовлені складною воєнно-політичною, оперативно-стратегічною та економічною ситуацією, яка склалася внаслідок збройної агресії Росії проти України.

Проведена в рамках комплексного огляду сектору безпеки і оборони оцінка стану воєнної безпеки держави, а також набутий досвід участі Збройних Сил (ЗС) України у антитерористичній операції (АТО) виявили низку проблем функціонування сил оборони в умовах існуючих та потенційних загроз, зокрема – низьку ефективність системи оперативного (бойового) управління, зв'язку, розвідки та спостереження, неспроможність ефективного реагування на зростаючу кількість та потужність кібератак, а також протистояння кіберзлочинності [1].

Відповідно до положень стратегічного оборонного бюлетеня України 2016 року, стратегічними цілями визначеного напрямку до кінця 2020 року є [2]: об'єднане керівництво силами оборони, що здійснюється відповідно до принципів і стандартів, прийнятих державами – членами НАТО; створення ефективної системи оперативного (бойового) управління, зв'язку, розвідки та спостереження (C4ISR – Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Реформування Збройних Сил України проводиться з метою досягнення оперативної і технічної сумісності зі збройними силами держав-членів НАТО [3]. Новітні підходи щодо процесу прийняття рішення з врахуванням досвіду держав-країн Альянсу активно впроваджуються у Збройні Сили України [4]. Пріоритетним завданням є досягнення повної сумісності сектору безпеки і оборони з відповідними структурами держав-членів НАТО, що має забезпечити можливість набуття у майбутньому членства України в Північноатлантичному альянсі з метою отримання дієвих гарантій державного суверенітету та територіальної цілісності України [5]. Подальший розвиток Міністерства оборони України здійснюватиметься згідно з законодавством України у сфері оборони та затвердженими в установленому порядку концептуальними та програмними документами оборонного планування, розробленими з урахуванням принципів, що застосовуються в НАТО [6].

Зазначеним питанням останнім часом у науково-технічній літературі приділялось недостатньо уваги, однак актуальність даної тематики підкреслюється низкою наукових досліджень, зокрема [7-9, 11-25].

Мета статті полягає у покращенні процесу прийняття військових рішень у Сухопутних військах (СВ) ЗС України за рахунок використання порядку прийняття військових рішень у СВ ЗС країн НАТО за їх стандартами.

Виклад основного матеріалу. Процес прийняття військових рішень (MDMP – Military Decision-Making Process) – це методологія планування, яка інтегрує діяльність командира, штабу, підпорядкованих, приданих і взаємодіючих штабів з метою розуміння обстановки та бойового завдання, розробки і порівняння варіантів бойових дій (COAs – Courses of Action), вибору варіанту бойових дій, а також розробки операційного плану або наказу на виконання бойового завдання [10].

Цей процес полегшує спільне і паралельне планування, коли вищий штаб постійно потребує даних та безперервно обмінюється інформацією щодо майбутніх операцій з підлеглими, взаємодіючими частинами і підрозділами, яким надається підтримка і які підтримують планування бойових розпоряджень, наказів та інших засобів.

Військові командири дотримуються однієї із двох процедур прийняття рішень: процедура військового керівництва (ПВК) – призначена вирішувати тактичні проблеми; командири батальйонів та вище використовують процес військового прийняття рішення (ПВПР).

Обидві процедури застосовують встановлену методологію, яка дає командиру можливість зекономити час та бути ефективним лідером.

MDMP покладається на прийняту військову доктрину із використанням стандартної термінології та прийнятих символів. Однак, ця процедура наголошує на потребу глибшого аналізу ситуативних та тактичних факторів при умові, що на це є час.

Командир безпосередньо керує процедурою та вирішує, які з елементів процедури доцільно застосовувати на будь-якому етапі. Процес планування залежить від чіткого визначення командиром його «візуалізації місцевості ведення бойових дій» в геопросторовій динаміці. Командир особисто відповідає за планування, підготовку та виконання операції.

Основна функція штабу – колегіально інтегрувати отриману інформацію та проаналізувати її відповідно до прийнятої доктрини і технічної компетенції, допомагаючи командирові виробити ефективний план. Штаби в кожній ланці управління мають різну структуру, але всі вони схожі та уніфіковані. Штаб включає начальника штабу або виконавчого офіцера (XO – Executive Officer) і різні штабні секції.

Штабна секція – це група офіцерів штабу по областях знань (компетенції) під керівництвом офіцера з координаційного, спеціального або персонального штабу (кількість залежить від типу військової частини та ланки управління).

В операціях оперативне командування і управління (C2 – Command and Control) вимагає безперервної тісної координації, синхронізації та обміну інформацією між секціями штабу. З цією метою командири функціонально організовують елементи секцій штабу в командні пункти (CPs – Command Posts) і секції командного пункту (CP – Command Post). Додаткова інтеграція штабу відбувається в ході нарад.

Командні пункти – це штаб ланки управління, де командир та штаб здійснюють свою діяльність. Модульна організація штабу (C2), яка складається з основного командного пункту (ОКП), тактичного командного пункту (ТКП) і групи управління (в бригаді, дивізії, корпусі). Загальновійськові батальйони оснащені пересувним командним пунктом, штаб Сухопутних військ на ТВД – ОКП і резервним КП.

Кожен КП виконує специфічні функції, як за призначенням, так і відповідно до завдань, поставлених командиром. Загальні дії для всіх командних пунктів включають: підтримку поточних оцінок і загальної оперативної картини; контроль операцій; оцінювання операцій; розробку і розсилання наказів; координацію з вищими, підлеглими, приданими та взаємодіючими частинами (підрозділами); здійснення управління знаннями та інформацією; адміністрування командного пункту.

ОКП – це пункт командування і управління, на якому зосереджено більшість членів штабу, який створено для здійснення управління поточними операціями, проведення детального аналізу та планування майбутніх операцій. Це головний КП до якого входять представники всіх секцій штабу і повний набір інформаційних систем для планування, підготовки та оцінки операцій.

ТКП – це мобільний пункт командування і управління, який містить частину штабу та призначений для управління частиною операції протягом обмеженого часу. Використовується, як розширення ОКП для допомоги в управлінні проведенням операції (окремої задачі).

Група управління (ГУ) складається з командира і визначених ним офіцерів штабу, які супроводжують його, а також забезпечують йому можливість виконання командування і управління за межами КП. Штаби дивізій та корпусів оснащені мобільними групами управління. ГУ складається з наземної (транспортні засоби, оснащені багатофункціональними дисплеями системи бойового управління) і повітряної (гвинтокрил UH-60A/L) системи, який обладнаний системою командування і управління армійською авіацією.

Кожний штаб повинен мати свою «Модифіковану таблицю організації та екіпірування» (MTOE – Modified Table of Organization and Equipment), яка визначається командиром. До неї входять:

1. ***Координаційна група*** – головні помічники та радники командира, які безпосереднього підпорядковані начальнику штабу:

G1 (персонал) – відповідає за все, що стосується людських ресурсів (військових та цивільних);

G2 (розвідка) – відповідає за все, що стосується військової розвідки, контррозвідки, безпеки та вишколу;

G3 (операції) – відповідає за військовий вишкіл, планування та проведення операцій, бойову підготовку та військову модернізацію;

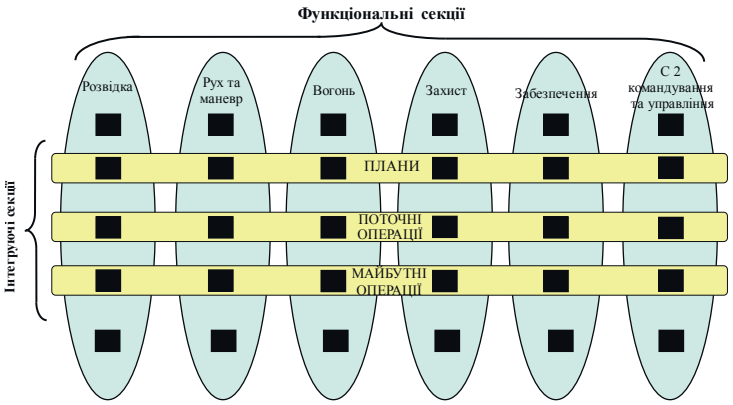


Рис. 1. Функціональні та інтегруючі секції

G4 (логістика) – відповідає за координацію логістичної інтеграції запасів, поставок, транспорт, утримання та обслуговування командування;

G5 (військово-цивільні операції) – відповідає за всі питання військових операцій (цивільний вплив на військові операції та цивільне населення);

G6 (зв'язок) – відповідає за всі питання, пов'язані з військовим зв'язком, автоматизацією, управлінням мережами та інформаційною безпекою.

2. ***Спеціальна група*** – допомагають командиру та іншим офіцерам штабу у виконанні їхніх професійних та технічних завдань. Вони безпосередньо підпорядковані G3 і утворюються командиром відповідно до їх функціонального призначення. До них відносяться:

червона команда – надає командиру і штабу незалежну можливість в повній мірі вивчити варіанти планів операцій, концепцій, організацій і можливостей в розумінні оперативного середовища з точки зору противника, партнерів і інших осіб;

суддя (адвокат штабу) – консультує з питань, які стосуються законодавства, політики, регулювання, порядку і дисципліни для кожного варіанту дій, надає юридичні консультації по всьому спектру конфлікту із законів війни;

секція досліджень операцій (системного аналізу) – забезпечує аналітичну підтримку командиру для оцінювання і планування операцій (аналітична підтримка регресивного аналізу і трендів, діяльність з планування і оцінювання), а також допомога всім секціям в розробці користувацьких аналітичних інструментів для конкретних потреб, якісного контролю можливостей та оцінювання ефективності операції;

рекордери – підготовлені офіцери з питань знання координуючих інструкцій, завдань підпорядкованих частин і підрозділів, а також інформації, яка потрібна для синхронізації операції (за допомогою автоматизованих інформаційних систем (INFOSYS – information system) дозволяють вводити інформацію у форми в заданому форматі – інформаційні картки або додатки до наказів).

3. ***Капітан битви (КБ)*** – відповідає за аналіз та оброблення усіх звітів та всієї інформації, які надходять до пункту управління (ПУ). Відповідає за постійне оновлення та особисто моніторить ситуативну карту, дії приданих і взаємодіючих частин (підрозділів) та таблицю статусу окремих підрозділів, операції в цілому. Він також координує дії всіх секцій пункту управління.

Всередині КП, командири з елементів секцій штабу створюють секції КП – це об'єднання особового складу і матеріальних засобів за функціями ведення бойових дій або горизонтів планування, щоб полегшити здійснення командування і управління. Секції командних пунктів формуються з особового складу та матеріальних засобів секцій штабу.

У кожній ланці управління і типі частин (підрозділів) командні пункти (CPs) організовуються по різному. Існують два типи секцій КП – функціональні та інтегруючі (рис. 1).

Інтегруючі секції координують і синхронізують сили та функції ведення бойових дій протягом певного періоду планування (довгостроковий, середньостроковий, короткостроковий), а також включають в себе: секцію планів; секцію майбутніх операцій; секцію інтеграції поточних операцій.

З метою зосередження зусиль з планування та формування майбутніх подій командири використовують горизонт планування (точку в часі) на довгостроковий, середньостроковий і короткостроковий період. Горизонти планування (ГП) на всі періоди залежать від обстановки і можуть бути від декількох годин і днів, до декількох тижнів і місяців. Чим вища ланка управління, тим більш віддалений ГП.

Варто зауважити, що не всі ланки управління (типи частин і підрозділів) мають ресурси для всіх трьох інтегруючих секцій. Наприклад, в батальйоні об'єднуються всі секції в одну інтегруючу, в бригаді – створюється невелика секція планів, але відсутні ресурси для створення секції майбутніх операцій. У дивізіях і вище створюються всі три інтегруючі секції (планів, поточних і майбутніх операцій).

Офіцери командних пунктів, інформаційні системи і обладнання повинні бути спроможні підтримувати операції цілодобово при постійному зв'язку з усіма підпорядкованими, вищими, приданими і взаємодіючими частинами (підрозділами). Також вони повинні мати відповідні процедури для виконання процесу ведення операцій в штабах (встановлені оперативні процедури при здійсненні командування і управління; бойовий

КЛЮЧОВІ ВХІДНІ	КРОКИ	КЛЮЧОВІ ВИХІДНІ	ПОЯСНЕННЯ
План або наказ вищестоящого штабу або нове бойове завдання, яке очікує командир.	**КРОК 1** ОТРИМАННЯ ЗАВДАННЯ	1. Початкові вказівки командира. 2. Початковий розподіл часу.	WARNO (Waring Order) – сигнальний наказ; CCIR (Commander's Critical Information Requirements) – потреби (вимоги) командира щодо критичної інформації; EEFI (Essential Elements of Friendly Information) – важливі елементи дружньої інформації; COAs – варіанти бойових дій; OPLAN (Operational Plan) – операційний план; OPORD (Operation Order) – операційний наказ. До варіанту дій входить: - вид пересування або оборони, які будуть використовуватись; - визначення головного удару; - задачі і цілі підлеглих частин і підрозділів; - необхідні операції з забезпечення потреб бою; - бажаний кінцевий стан.
1. План або наказ вищестоящого штабу. 2. Відомості вищестоящого штабу та розвіддані. 3. Відомості від інших організацій. 4. Концепція дизайну (якщо вона була розроблена).	**КРОК 2** АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ	1. Формулювання завдання. 2. Початковий задум командира. 3. Початкові вказівки з планування. 4. Початкові CCIR і EEFI. 5. Оновлена IPB та поточні оцінки. 6. Припущення.	
1. Формулювання завдання. 2. Початковий задум командира, вказівки з планування, CCIR і EEFI. 3. Оновлені дані розвідки району бойових дій та поточні оцінки. 4. Припущення.	**КРОК 3** РОЗРОБКА COAs	1. Опис схеми COAs. 2. Початкова організація сил. 3. Концепція операцій в цілому. 4. Уточнені вказівки з планування. 5. Оновлені припущення.	
1. Оновлені поточні оцінки. 2. Уточнені вказівки з планування. 3. Опис та схеми COAs. 4. Оновлені припущення.	**КРОК 4** АНАЛІЗ COAs	1. Уточнені COAs. 2. Потенційні вирішальні пункти. 3. Результати воєнної гри. 4. Вихідні показники оцінювання. 5. Оновлені припущення.	
1. Оновлені поточні оцінки. 2. Уточнені COAs. 3. Критерії оцінки (відбору). 4. Результати воєнної гри. 5. Оновлені припущення.	**КРОК 5** ПОРІВНЯННЯ COA	1. Оцінені COAs. 2. Рекомендовані COAs. 3. Оновлені поточні оцінки. 4. Оновлені припущення.	
1. Оновлені поточні оцінки. 2. Оновлені COAs. 3. Рекомендовані COA. 4. Оновлені припущення.	**КРОК 6** ЗАТВЕРДЖЕННЯ COA	1.Затверджений командиром COA та його модифікації. 2. Уточнений задум командира, CCIR і EEFI. 3. Оновлені припущення.	
1. Затверджений командиром COA та його модифікації. 2. Уточнений задум командира, CCIR і EEFI. 3. Оновлені припущення.	**КРОК 7** ВИДАЧА НАКАЗУ	Затверджений операційний план або наказ (OPLAN або OPORD).	

Рис. 2. Процес прийняття військового рішення за стандартами НАТО

КЛЮЧОВІ ВХІДНІ ⇨	ПРОЦЕСИ ⇨	КЛЮЧОВІ ВИХІДНІ
- Результати воєнної гри; - Критерії оцінки; - Оновлені поточні оцінки; - Оновлені припущення.	- Проведення аналізу для визначення переваг і недоліків варіантів дій; - Порівняння варіантів дій; - Проведення брифінгу з прийняття рішення щодо вибору варіанту дій.	- Рекомендований варіант дій; - Логічні обґрунтування вибору варіанту дій; - Оновлені поточні оцінки; - Оновлені припущення.

Рис. 3. Порівняння варіантів дій (COAs)

ритм; наради) для покращення виконання функцій командування та управління (C2).

Процес прийняття військових рішень (MDMP) складається з семи кроків (рис. 2).

Для детального аналізу кожного COA проводиться воєнна гра, в ході якої візуалізується хід операцій, враховуючи сильні сторони своїх військ і їх розташування, можливості противника та можливі його варіанти COAs, вплив і потреби цивільного населення в районі операції (AO – Area of Operations), а також інші аспекти обстановки. Найскладнішою формою проведення воєнної гри є сучасне імітаційне моделювання для якого необхідна автоматизація управління військами і зброєю. Незалежно від форми проведення, кожна критична подія в рамках варіанту COA має бути розіграна через дії своїх військ і протидії військ противника.

Під час ведення воєнної гри, штаб бере кожен варіант COA і починає розробляти детальний план, визначаючи його сильні і слабкі сторони.

У матриці синхронізації записані результати воєнної гри. Вона показує, як свої війська для конкретного варіанту дій синхронізовані в часі, просторі і меті по відношенню до варіанту COA противника або інших подій.

Порівняння варіантів дій починається з аналізу та оцінки переваг та недоліків кожного COA. Використовуючи критерії оцінки, які були розроблені до воєнної гри, штаб описує кожен COA, підкреслюючи його переваги і недоліки (рис. 3, 4).

Варіант дій	Переваги	Недоліки
COA 1	Вирішальна операція уникає серйозних перешкод місцевості. Достатній простір для маневру підрозділів, які проводять вирішальну операцію і для резерву.	Підрозділи, які проводять вирішальну операцію, стикаються з більш сильним опором на початку операції. Ресурси, які доступні для встановлення цивільного контролю у місті «**X**», обмежені.
COA 2	Формуючі операції забезпечують чудовий захист флангів вирішальної операції. Після завершення вирішальних операцій підрозділи, які проводять формуючі операції, можуть швидко переходити до встановлення цивільного контролю і забезпечення цивільної безпеки населення в місті «**X**»	

Рис. 4. Приклади переваг і недоліків матриці рішень

Критерії[1]	Ваговий коефіцієнт[2]	Варіант дій COA 1[3]	Варіант дій COA 2[3]
Простота (Simplicity)	1	2 (2)	1 (1)
Маневр (Maneuver)	2	2 (4)	1 (2)
Вогневе ураження (Fires)	1	2 (2)	1 (1)
Цивільний контроль (Civil control)	1	1 (10)	2 (2)
Завершеність	2	1 (2)	2 (4)
Сума (Total (Min=Max)) Зважена сума (Weighted TOTAL)		8 (11)	7 (10)

[1] У якості критеріїв розглядаються ті, які були визначені на кроці 4 аналізу варіанту дій.
[2] Начальник штабу (COA) (виконавчий офіцер (XO)) може виділити один або більше критеріїв, призначивши їм ваговий коефіцієнт, виходячи з визначення їх відносної важливості.
[3] У якості варіантів дій (COAs) розглядаються ті, які були обрані для розіграшу в ході воєнної гри з приписаними їм значеннями на основі порівняння їх відносних переваг і недоліків.

Рис. 5. Зразок матриці рішення

Загальним методом, який допомагає командиру прийняти оптимальне рішення є матриця рішень, яка є інструментом для ретельного і логічного порівняння та оцінки COA (рис. 5).

Вагові коефіцієнти присвоюються на основі суб'єктивних суджень щодо їх відносної важливості в існуючих умовах. Базові значення потім перемножуються на вагові коефіцієнти, щоб отримати остаточне значення того чи іншого критерію. Менші значення вагових коефіцієнтів означають більшу перевагу. Чим менше число, тим більш сприятливий рахунок.

Після вибору COA командир видає остаточні розпорядження на планування ведення бойових дій. Штаб готує наказ або план шляхом перекладу обраного варіанту COA в ясну, чітку концепцію дій і, за необхідності, допоміжну інформацію. Формулювання COA стає концепцією дій для плану, в свою чергу схема варіанту дій – основою для порядку проведення операції.

Командир отримує завдання і віддає свої розпорядження у формі одного із трьох бойових наказів:

сигнальний наказ (WARNO – Waring Order) – попереднє повідомлення про те, що готується бойовий наказ або бойова дія;

операційний наказ (OPORD – Operation Order) – директива (команда) видана командиром (будь-якого рівня) підлеглим з метою започаткування скоординованого виконання бойового завдання;

корегуючий наказ (FRAGO – Fragmentary Order) – видається лише при необхідності, коли оперативна (тактична) ситуація потребує змін в OPORD.

Таким чином, командир не повинен використовувати більш однієї третини доступного часу для планування операції.

Висновки

На сьогоднішній день стоїть завдання за короткий час інтегрувати розвідку, радіоелектронну боротьбу, геоінформаційні системи, системи автоматизації і зв'язку у єдину систему у відповідності до стандартів і структур НАТО. Ці елементи розвиваються окремо, а повинні працювати під єдиним командуванням в єдиній структурі.

Для створення такої автоматизованої системи управління військами і зброєю за стандартами НАТО необхідно:

мати відповідну систему розвідки, спостереження і рекогносцировки, яка б складалася із космічної розвідки (видова, радіоелектронна, геоінформаційна, навігаційна, метеорологічна), наземної розвідки (військова, артилерійська, інженерна, РХБ, радіо, радіотехнічна, радіолокаційна), повітряної розвідки (оптична, фоторозвідка, радіоелектронна, радіолокаційна) і забезпечувала повною, своєчасною і достовірною інформацією органи управління для прийняття відповідних рішень на ведення бойових дій;

мати відповідні кваліфіковані та уніфіковані органи управління (штаби) у всіх ланках управління;

мати пункти управління (як стаціонарні, так і рухомі, в тому числі повітряні), обладнані на сучасних транспортних засобах та сучасним обладнанням для автоматизованого управління військами і зброєю;

створити сучасну систему зв'язку (супутникового, радіорелейного, тропосферного, проводового та радіозв'язку), яка б включала як стаціонарну об'єднану інформаційно-телекомунікаційну систему, так і польову систему зв'язку та автоматизації на рухомих засобах.

Для автоматизації процесів прийняття рішень на підготовку і ведення бойових дій необхідно створити та використовувати на законодавчому (нормативно-правовому) рівнях: положення, доктрини, статути, настанови, програми, плани, інструкції; формати і зразки різних бойових розпоряджень, наказів, планів і додатків до них з роз'ясненням правил їх використання, різні матриці, шаблони і схеми; оперативні і тактичні процедури; відносини командування і штабів в СВ; відносини підтримки в СВ та ін., об'єднати їх в різних базах знань і даних з можливістю доступу до них користувачів по запитах у всіх ланках управління СВ; стандартизувати термінологію та прийняті символи.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Рекомендації з оборонного планування на основі спроможностей в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України / Затверджено Міністром оборони України, 12 червня 2017 року // Міністерство оборони України. – К.: МОУ, 2017.
2. Указ Президента України №240/2016 „Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року „Про Стратегічний оборонний бюлетень України" від 6 червня 2016 р.
3. Указ Президента України №555/2015 „Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 2 вересня 2015 року „Про нову редакцію Воєнної доктрини України" від 24 вересня 2015 року.
4. Біла книга – 2017. Збройні Сили України. – К.: Міністерство оборони України, 2018. – 152 с.
5. Указ Президента України №287/2015 „Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року „Про Стратегію національної безпеки України" від 26 травня 2015 року.
6. Указ Президента України №92/2016 „Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 4 березня 2016 року „Про Концепцію розвитку сектору безпеки і оборони України" від 14 березня 2016 року.
7. Труш О. О., Кошкін А. О. Системи підтримки прийняття рішень органами державного управління в умовах надзвичайних ситуацій (інцидентів) / О. О. Труш, А. О. Кошкін // Теорія та практика державного управління – 2013. – №4. – с. 256-262.
8. Хижняк В.В. Проблеми впровадження в Україні військової системи стандартизації НАТО / В.В. Хижняк // Системи озброєння і військова техніка – 2005. – №2. – с. 3-6.
9. Садовський М.С. Проблеми впровадження стандартів НАТО в функціонування Збройних Сил України / М.С. Садовський // Системи управління, навігації та зв'язку – 2016. – №1(37). – с. 38-42.
10. Військовий посібник ГШ ЗС України про стандарти ведення бойових дій у ЗС держав НАТО (ВП 2.01.3; ВП 3.21.20; ВП 5.0А) / Генеральний Штаб Збройних сил України. – К.: ГШ ЗСУ, 2017.
11. Banach, Stefan J. "Educating by Design: Preparing Leaders for a Complex World." Military Review (March–April 2009): pp. 96-104.
12. Kilcullen, David. The Accidental Guerrilla: Fighting Small Wars in the Midst of a Big One. Oxford: Oxford University Press, 2009.
13. Banach, Stefan J. and Alex Ryan. "The Art of Design: A Design Methodology." Military Review (March–April 2009): pp. 105-115.
14. Kem, Jack D. Design: Tools of the Trade. Fort Leavenworth, KS: U.S. Army Command and General Staff College, U.S. Army Combined Arms Center, 2009.
15. Joint Doctrine Note 1/09. The Significance of Culture to the Military. Shrivenham, England: The Development, Concepts and Doctrine Centre, 2009.
16. Cross, Nigel. "Forty Years of Design Research." Design Research Quarterly (January 2007): pp. 3-5.
17. Kalyvas, Stathis N. The Logic of Violence in Civil War. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 2006.
18. Schwarz, Roger, Anne Davidson, Peg Carlson, and Sue McKinney. The Skilled Facilitator Fieldbook: Tips, Tools, and Tested Methods for Consultants, Facilitators, Managers, Trainers, and Coaches. San Francisco: Jossey-Bass, 2005.
19. Dodge, Jennifer, Sonia M. Ospina, and Erica Gabrielle Foldy. "Integrating Rigor and Relevance in Public Administration Scholarship: The Contribution of Narrative Inquiry." Public Administration Review (May/June 2005): pp. 286-300.
20. Arreguín-Toft, Ivan. How the Weak Win Wars: A Theory of Asymmetric Conflict. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
21. Biddle, Stephen. Military Power: Explaining Victory and Defeat in Modern Battle. Princeton: Princeton University Press, 2004.
22. Spiller, Roger J. Sharp Corners: Urban Operations at Century's End. Fort Leavenworth, KS: U.S. Army Command and General Staff College Press, 2000.
23. McCann, Carol and Ross Pigeau, eds. The Human in Command: Exploring the Modern Military Experience. New York: Kluwer Academic Press, 2000.
24. Greenfield, Kent Roberts, ed. Command Decisions. Washington, DC: Center of Military History, 2000.
25. Turner, Marlene E. and Anthony R. Pratkanis. "Twenty-Five Years of Groupthink Theory and Research: Lessons from the Evaluation of a Theory." Organizational Behavior and Human Decision Processes 73 (February–March 1998): pp. 105-115.

Стаття надійшла до редколегії 16.10.2018

Рецензент В.В. Литвин, д-р техн. наук, проф. (Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)

УДК 327:355.02(477)

І.В. БОРОХВОСТОВ,
канд. техн. наук, старший науковий співробітник
М.О. БІЛОКУР
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

Аспекти існуючих документів оборонного планування щодо пошуку шляхів оснащення озброєнням військових формувань

Проаналізована існуюча система оборонного планування та зміни, які проведені в новому циклі. Здійснений пошук зв'язків, що пов'язані з такими змінами та впливом на шляхи оснащення озброєнням військових формувань. Побудовано матрицю, яка пов'язує суб'єкти та документи оборонного планування. Досліджено наявність наукового обґрунтування у схвалених нормативно-правових актах, які спрямовані на зміцнення національної безпеки. Виявлені неузгодження між документами оборонного планування та їх можливого негативного впливу на гармонізацію законодавства України до норм і правил ЄС, для проведення системних реформ, до рівня, прийнятного для членства в НАТО. В площині забезпечення національної безпеки вироблені відповідні пропозиції.

Проанализирована существующая система оборонного планирования и изменений, которые проведены в новом цикле. Осуществлён поиск связей, которые связаны с такими изменениями и влиянием на пути оснащения вооружением войсковых формирований. Построена матрица, которая связывает субъекты и документы оборонного планирования. Исследовано наличие научного обоснования принятых нормативно-правовых актов, которые направлены на укрепление национальной безопасности. Выявлены несогласования между документами оборонного планирования и их возможного негативного влияния на гармонизацию законодательства Украины до норм и правил ЕС, для проведения системных реформ, до уровня, принятого для членства в НАТО. В плоскости обеспечения национальной безопасности отработанные необходимые предложения.

Постановка проблеми у загальному вигляді. 2 червня 2015 року Верховна Рада України ухвалила в новій редакції Закон України “ Про внесення змін до Закону України “ Про організацію оборонного планування ” [1]. Все ж зазначений закон був ветований Президентом України, після доопрацювання 26 січня 2016 року вето не було подолане та проект Закону України скасований. Наступним кроком в оборонному плануванні зміни все ж відбулися, а саме з прийняттям Закону України “ Про національну безпеку України ”, визначено втрату чинності Закону України “ Про організацію оборонного планування ”. Але, окрім нових строків оборонного планування, все одно не були розширені та, навіть, не прописані необхідні положення щодо завдань, принципів, змісту і порядку планування в галузі оборони та координації дій органів державної влади в цій сфері [2].

Більшість країн світу змушені приймати рішення щодо визначення шляхів оснащення військових формувань тих типів озброєння та військової техніки (ОВТ), розроблення та виробництво яких на власних оборонних підприємствах не проводиться. Україна не є виключенням, а вирішення питань, що постають все частіше у виборі шляху забезпечення ОВТ не має однозначного рішення, або являє собою, на перший погляд, множину рівнозначних рішень, що й сформувало наукову проблему.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, які висвітлювали зміст та зв’язок документів оборонного планування, виявив, що за останні роки вони зазнали суттєвих змін, в особливості з прийняттям (скасуванням) вищезазначених документів [1, 2], а заходи щодо закупівлі ОВТ у підприємств промисловості (в тому числі, закордонних) мають тенденцію до збільшення. Тому питання, які з’явилися, насамперед, у центральних органів виконавчої влади, щодо проблем оборонного планування, обґрунтування шляхів забезпечення військових формувань ОВТ та підтримки прийняття рішень під час їх розвитку, набули актуальності та активно висвітлюються вітчизняними науковцями у наукових виданнях. Це, в першу чергу, науково-теоретичний та науково-практичний журнал “Наука і оборона” [3], науково-технічний журнал “Озброєння та військова техніка” [4, 5, 6], Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняховського [7, 8, 9], тощо. Крім того, за цим напрямом були опубліковані монографії [10, 11].

Метою статті є аналіз документів оборонного планування та змін, що відбулися, вплив змін на існуючі зв’язки цих документів, а також на шляхи оснащення військових формувань ОВТ. За результатами аналізу розроблення пропозицій для реалізації концептуальних та стратегічних документів в новому циклі оборонного планування [3]. Також, це повинно підсилити продукування процесу оборонного планування у сфері оборони відповідно до євроатлантичних принципів та підходів [12].

Виклад основного матеріалу дослідження

Правовою основою діяльності Збройних Сил (ЗС) України є Конституція України, Законодавчі акти, акти Президента України та Кабінету Міністрів (КМ) України, міжнародні договори, які регулюють відношення у сфері оборони.

На цей час в Україні керівними документами з організації планування розвитку ОВТ є Закони України, основними з яких є (рис. 1):

“ Про національну безпеку України ” [2], яким запроваджується всеосяжний підхід до планування у сферах національної безпеки і оборони;

“ Про оборону України ” [13], якій встановлює засади оборони України, а також повноваження органів державної влади, основні функції та завдання органів військового управління, державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, обов’язки підприємств, установ, організацій, посадових осіб, права та обов’язки громадян України у сфері оборони;

“ Про Збройні Сили України ” [14], який встановлює функції, склад Збройних Сил України, правові засади їх організації, діяльності, дислокації, керівництва та управління ними;

“ Про державні цільові програми ” [15], який визначає засади розроблення, затвердження та виконання державних цільових програм;

“ Про державне оборонне замовлення ” [16], який визначає загальні правові засади планування і формування державного оборонного замовлення та регулює особливості відносин, пов’язаних з визначенням та здійсненням процедур закупівлі продукції, виконанням робіт та надання послуг оборонного призначення (продукція, роботи і послуги);

“ Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки ” [17], який визначає правові та організаційні засади цілісної системи формування та реалізації пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні;

“ Про наукову і науково-технічну діяльність ” [18], який визначає правові, організаційні та фінансові засади функціонування і розвитку у сфері наукової і науково-технічної діяльності, створює умови для провадження наукової і науково-технічної діяльності, задоволення потреб суспільства і держави у технологічному розвитку шляхом взаємодії освіти, науки, бізнесу та влади;

Бюджетний кодекс України [19], яким визначаються правові засади функціонування бюджетної системи України, її принципи, основи бюджетного процесу і міжбюджетних відносин та відповідальність за порушення бюджетного законодавства.

Наступними є нормативно-правові акти Президента України, а саме Укази Президента України:

“ Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 серпня 2014 року “ Про заходи щодо удосконалення державної військово-технічної політики ” [20];

“ Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 25 січня 2015 року “ Про планування і формування державного оборонного замовлення ” [21];

“ Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року “ Про стратегію національної безпеки України ” [22], яка спрямована на реалізацію до 2020 року визначених нею пріоритетів державної політики національної безпеки, а також реформ, передбачених Угодою про асоціацію між Україною та ЄС, ратифікованою Законом України від 16 вересня 2014 року № 1678-VII, і Стратегією сталого розвитку “ Україна - 2020 ”. Стратегія національної безпеки України є документом довгострокового планування для підготовки інших документів планування у сфері безпеки і оборони;

“ Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 2 вересня 2015 року “ Про нову редакцію Воєнної доктрини України ” [23];

“ Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 4 березня 2016 року “ Про Концепцію розвитку сектору безпеки і оборони України ” [24], який визначає систему поглядів на розвиток безпекових та оборонних спроможностей України у середньостроковій перспективі, сформованих на основі оцінки безпекового середовища та фінансово-економічних можливостей держави, здійснених у рамках комплексного огляду сектору безпеки і оборони України.

“ Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року “ Про Стратегічний оборонний бюлетень України ” [25], який спрямований на забезпечення практичної реалізації положень Воєнної доктрини України та Концепції розвитку сектору безпеки і оборони України, визначає стратегічні й оперативні цілі оборонної реформи та очікувані результати їх досягнення з урахуванням актуальних воєнно-політичних загроз та викликів.

Нормативно-правовими актами КМ України є розпорядження, а саме:

“ Концепція застосування програмно-цільового методу в бюджетному процесі ” [26], визначає мету та основні принципи застосування програмно-цільового методу у бюджетному процесі;

“ Про затвердження плану заходів з проведення комплексного огляду сектору безпеки і оборони України та методичних рекомендацій щодо його проведення ” [27];

“ Про схвалення Основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період ” [28].

Основними постановами КМ України в галузі організації оборонного планування є:

“ Про затвердження Порядку розроблення та виконання державних цільових програм ” [29], яка визначає механізм розроблення, погодження, подання для затвердження та виконання державних цільових програм;

“ Про затвердження прогнозних показників видатків із загального фонду державного бюджету на потреби оборони на період до 2023 року ” [30];

“ Про затвердження Державної цільової оборонної програми будівництва кораблів класу “ корвет ” за проектом 58250 ” [31], метою якої є забезпечення будівництва кораблів класу “ корвет ” за проектом 58250 для набуття спроможностей Військово-Морських Сил Збройних Сил України з відбиття збройної агресії,

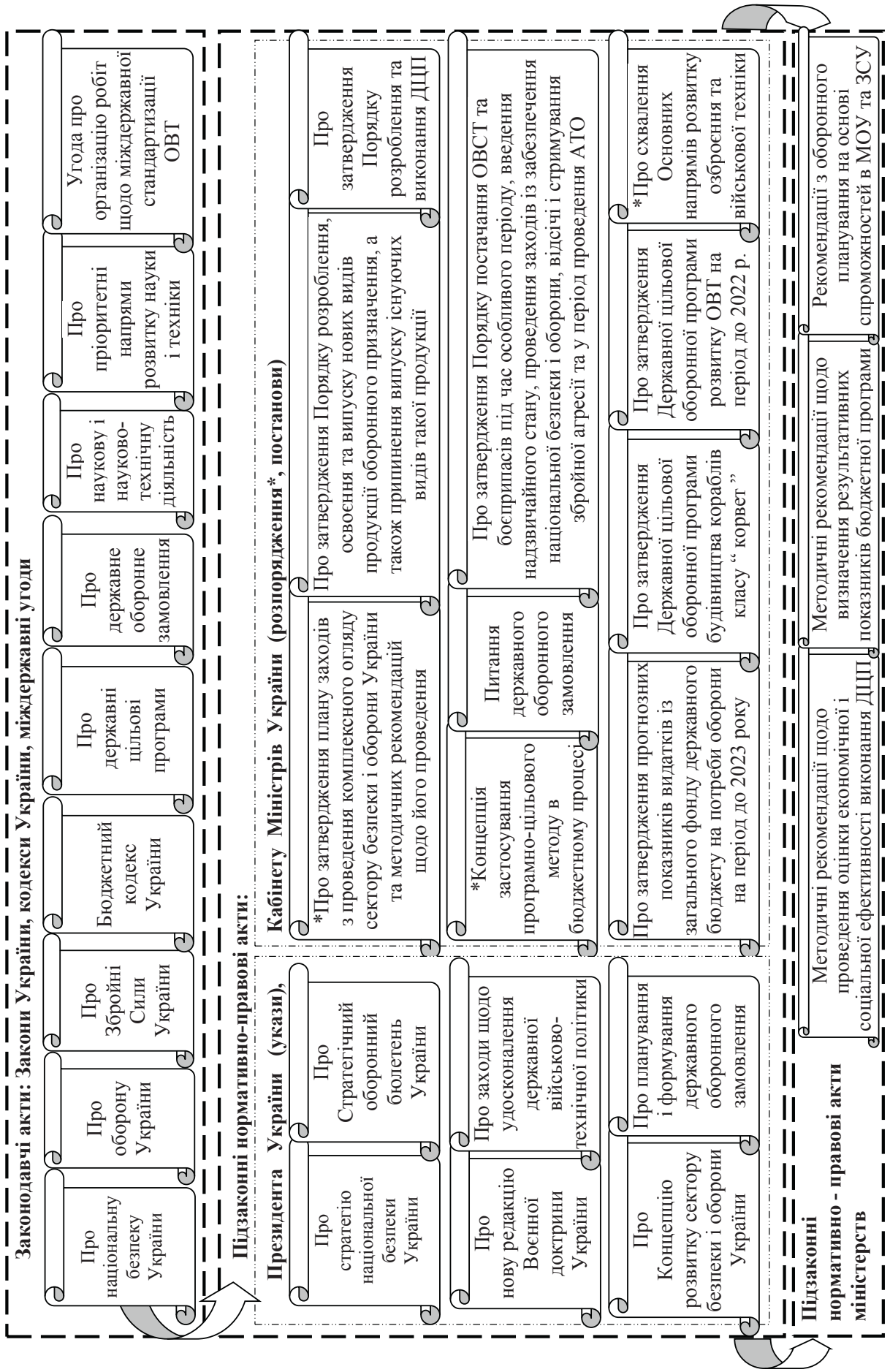


Рис 1. Ієрархія основних керівних документів з організації оборонного планування за суб’єктами їх видання.

стримування загроз національній безпеці і захисту інтересів держави;

“ Про затвердження Порядку розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих видів такої продукції ” [32], яка визначає механізм розроблення, освоєння та випуску нових видів (зразків) продукції оборонного призначення (далі - зразок) на виконання державного оборонного замовлення (ДОЗ), а також припинення випуску зразків, характеристики яких не відповідають сучасним вимогам або потреба в постачанні яких задоволена в повному обсязі і не планується подальше їх виготовлення;

“ Про затвердження Порядку постачання озброєння, військової і спеціальної техніки та боєприпасів під час особливого періоду, введення надзвичайного стану, проведення заходів із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі і стримування збройної агресії та у період проведення антитерористичної операції ” [33], яка визначає особливості механізму постачання (у тому числі прийняття на озброєння (постачання) в умовах особливого періоду, надзвичайного стану, проведення заходів із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі і стримування збройної агресії та у період проведення антитерористичної операції озброєння, військової і спеціальної техніки та боєприпасів, що розроблені підприємствами України за ДОЗ, за власні кошти таких підприємств або кошти іноземної держави, а також військової техніки іноземного виробництва;

“ Про затвердження Державної цільової оборонної програми розвитку озброєння та військової техніки на період до 2022 року ” [34];

“ Питання державного оборонного замовлення ” [35], яка визначає механізм планування ДОЗ, формування його основних показників, розміщення та коригування обсягів поставок (закупівлі) продукції, виконання робіт, надання послуг за оборонним замовленням, а також здійснення контролю за виконанням оборонного замовлення.

Накази, директиви та розпорядження органів виконавчої влади в частині організації оборонного планування:

“ Методичні рекомендації щодо проведення оцінки економічної і соціальної ефективності виконання державних цільових програм ”, затверджені наказом Міністра економіки України [36];

“ Методичні рекомендації щодо визначення результативних показників бюджетної програми ”, які затверджені наказом Міністра фінансів України [37];

“ Рекомендації з оборонного планування на основі спроможностей в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України ”, затверджені Міністром оборони України [38].

Крім того, питання оборонного планування регулюються нормативними документами, а саме: національними стандартами України (ДСТУ) та міждержавними стандартами (ГОСТ) серії В 15, які діють відповідно “ Угоди про організацію робіт щодо міждержавної стандартизації озброєння і військової техніки ” від 03.11.1995.

Заходи з розвитку ОВТ, які здійснюються суб’єктами оборонного планування, проводяться на основі Конституції України, законодавчих та нормативно-правових актів з відповідним розмежуванням (рис 2).

Виходячи з заходів оборонного планування, які здійснюються в залежності від зазначених (рис. 2) суб’єктів оборонного планування та документів розроблених ними за класифікаційними ознаками від стратегічних до конкретних заходів, можна сформувати класифікаційну матрицю документів з відповідними рівнями (рис. 3).

Ця матриця допомагає зрозуміти взаємозв’язок документів, місце серед інших документів, визначити межі їх компетенції за логікою процесів оборонного планування.

Виокремлюючи блок щодо державних програм є можливість простежити певні недоліки. Їх розроблення здійснюється на підставі різних документів, а саме Державної програма розвитку ЗС України – виходячи з положень Стратегії національної безпеки України, Воєнної доктрини України, Концепції розвитку сектору безпеки і оборони України та Стратегічного оборонного бюлетеня України, а всіх державних цільових програм – керуючись постановою Кабінету Міністрів України “ Про затвердження Порядку розроблення та виконання державних цільових програм ” (рис. 4). Підставою для розроблення зазначених програм є документи вищого рівня, що відрізняються не тільки за ієрархією. Суб’єкти оборонного планування, які розробляють та затверджують зазначені програми, не являються одними і ти ми ж, що спричиняє неузгодження у взаємозв’язку цих двох програм, при якому критерії Державної програми розвитку ЗС України є вихідними показниками для Державної цільової оборонної програми розвитку ОВТ. Але, на практиці, необхідність термінового внесення змін до ДОЗ, наприклад, щодо включення нових заходів із закупівлі або змін у обсягах фінансування, призводить до, іноді, масштабного переопрацювання всього комплексу заходів. Внаслідок цього, для усунення протиріч, переробляється Державна цільова програма розвитку ОВТ та виникає розбіжність між нею то Державною програмою розвитку ЗС України.

Зазначений механізм внесення змін також не визначений у керівних документах та проводиться в “ручному” режимі, що призводить до суб’єктивізму в системі підтримки прийняття управлінських рішень. Виникає неузгодженість між суміжними документами оборонного планування, що може призводити до плутанини у вихідних даних та, як наслідок, помилкових рішеннях на наступних етапах планування.

З прийняттям Закону України “ Про національну безпеку України ” [2] відбулися зміни щодо строків оборонного планування, а саме: довгострокового, яке раніше складало 12 років, змінилося на понад п’ять років; середньострокового, яке раніше складало 6 років, змінилося до п’яти років; короткострокового, яке раніше складало для ЗС України 1 рік, змінилося до трьох років. Разом з тим, окрім строків оборонного планування, відсутні на даний час положення щодо завдань, принципів,

Верховна рада

здійснює прийняття законів, контроль за діяльністю КМ України, створення тимчасових спеціальних комісій

Президент України

є гарантом державного суверенітету; зобов'язаний боронити суверенітет України *видаючи* укази і розпорядження; як Верховний Головнокомандувач ЗС України *видає* накази і директиви з питань оборони

КМ України

здійснює заходи видаючи постанови і розпорядження щодо забезпечення обороноздатності і національної безпеки; *забезпечує* державний суверенітет, виконання Державного бюджету України щодо фінансування заходів у сфері оборони; *визначає* потреби в оборонних витратах; *організовує* розроблення і виконання державних програм

Рада національної безпеки і оборони України

розробляє та подає пропозиції Президентові України, щодо проектів державних програм, доктрин, законів України, указів Президента України, визначення стратегічних національних інтересів України, концептуальних підходів та напрямів забезпечення національної безпеки і оборони

Центральні органи виконавчої влади

МО України: *бере участь* у формуванні оборонного бюджету, підготовці проектів законодавчих та інших нормативних актів у сфері оборони; *виступає* замовником із державного оборонного замовлення на розроблення, виробництво, постачання, ремонт озброєння, військової техніки; *забезпечує* належний рівень боєздатності, укомплектованості ЗС України;
інші органи виконавчої влади: *сприяють* ЗС України у виконанні ними завдань, здійснюють їх належне забезпечення за напрямами діяльності; *беруть участь* у формуванні та реалізації ДПР ЗС України, розвитку ОВТ; *організовують розроблення та виконання* програм із створення нових і модернізації наявних зразків ОВТ, створення виробничих потужностей для їх випуску, набуття досвіду у сфері науки, техніки і технологій та впровадження його у виробництво оборонної продукції

Генеральний штаб Збройних Сил України

визначає потреби в ОВТ для належного виконання завдань ЗС України та іншими військовими формуваннями

Місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування

місцеві державні адміністрації: *організовують* підприємствами, установами та організаціями виробництво та постачання продукції, електро- і теплоенергії ЗС України та іншим військовим формуванням на договірних засадах;
органи місцевого самоврядування: *забезпечують* організацію виробництва і поставки військам підприємствами та організаціями, що належать до комунальної власності, замовленої продукції, енергетичних та інших ресурсів

Урядові комісії, міжгалузеві та відомчі робочі групи

створюються за окремими положеннями для опрацювання і комплексного вирішення проблем міжгалузевого характеру та забезпечення науково-аналітичного, прогнозного супроводження; *здійснюють* попередню підготовку питань, вносять зауваження, пропозиції і т. ін.

Рис 2. Заходи оборонного планування які здійснюються суб'єктами оборонного планування щодо розвитку ОВТ

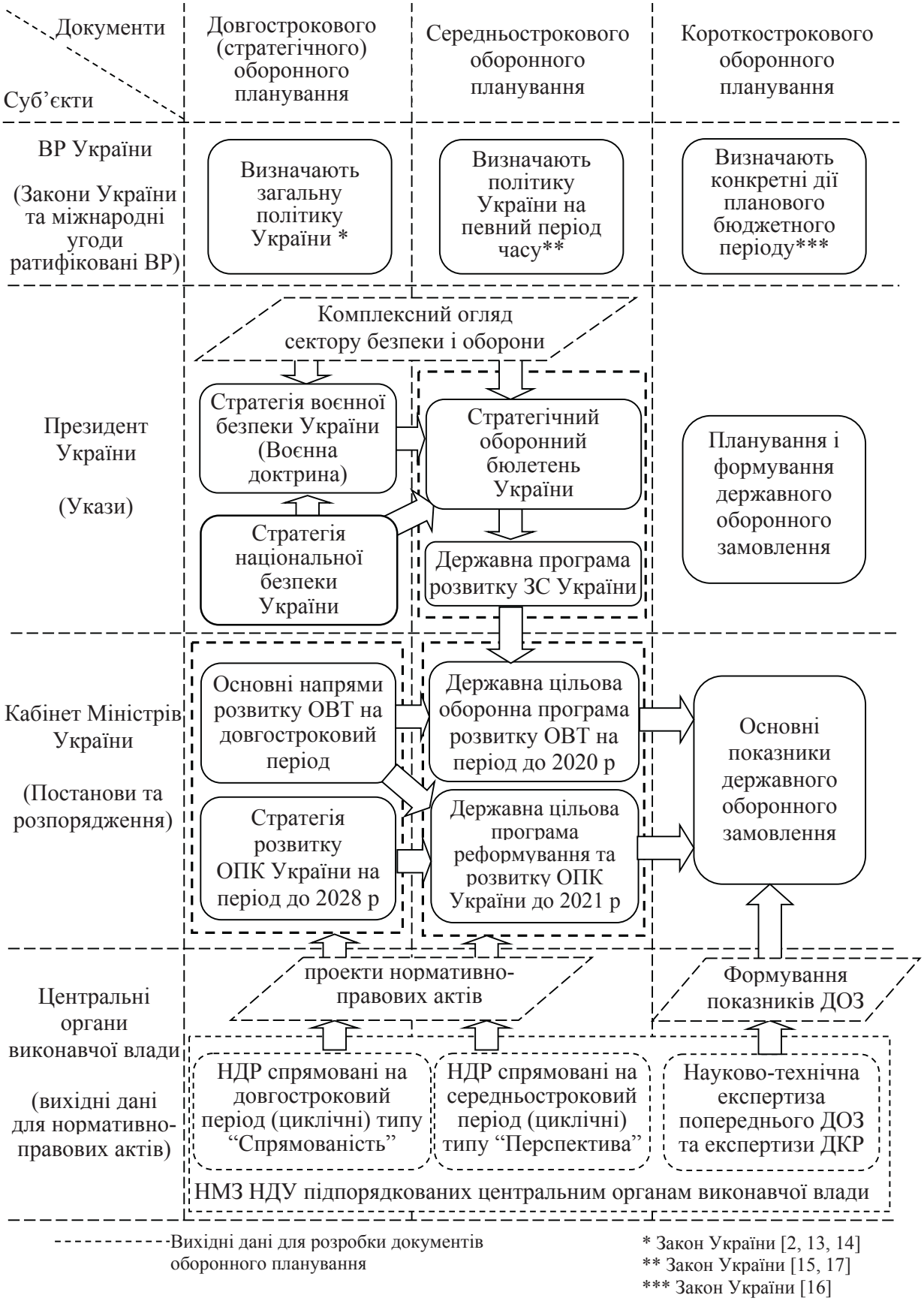


Рис. 3 Матриця суб'єктів та документів оборонного планування.

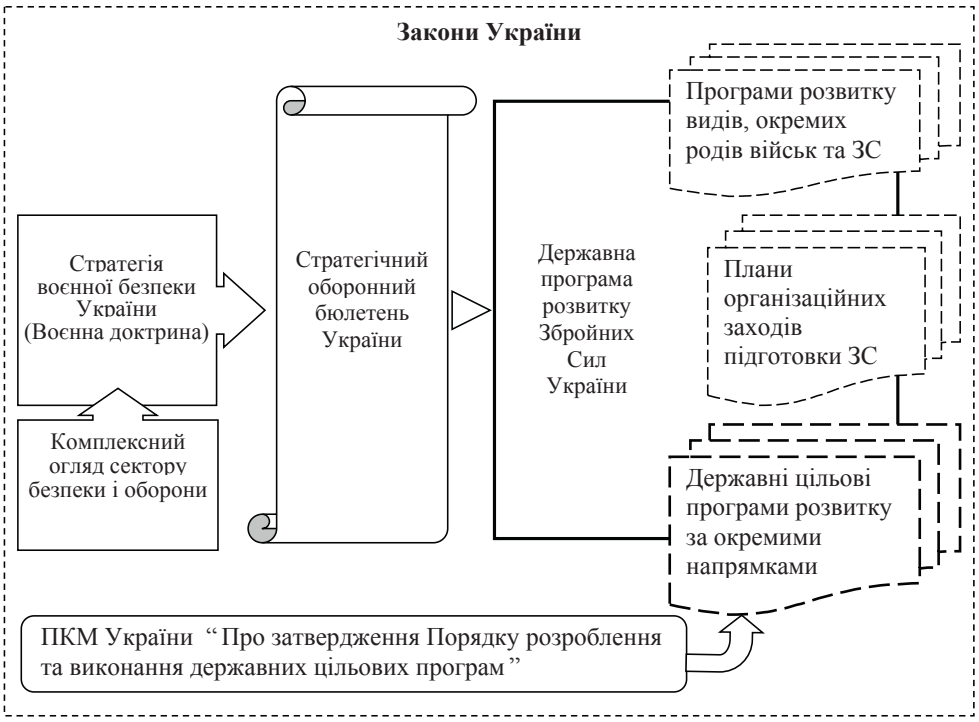


Рис. 4. Послідовність та підстава для розроблення державних та державних цільових програм для забезпечення воєнної безпеки держави.

змісту і порядку планування в галузі оборони в Законі України " Про національну безпеку України " [2].

Однак, відповідно до:

реформ, передбачених Угодою про асоціацію між Україною та ЄС, ратифікованою Законом України від 16 вересня 2014 року № 1678-VII;

Стратегічного оборонного бюлетеня, що слугує дорожньою картою оборонної реформи з визначенням шляхів її впровадження на засадах і принципах, якими керуються держави – члени НАТО;

Воєнної доктрини України, що є системою поглядів на характер принципи і шляхи запобігання воєнних конфліктів, підготовку держави до можливого воєнного конфлікту;

та інших документів,

визначено широкомасштабну адаптацію законодавства України до норм і правил ЄЄ, стратегічні орієнтири для проведення системних реформ в Україні, які забезпечать національну безпеку до рівня, прийнятного для членства в ЄС і НАТО. Такі зміни теж вказують на прогалини та порушують концептуальні принципи існуючих реформ, що проводяться в новому циклі оборонного планування.

Україна тривалий час перебувала в пошуку досконалої системи оборонного планування. Спроба змінити терміни оборонного планування, відповідно до яких строки довгострокового планування матимуть наближення до середньострокового призводить до відмінностей від практики країн НАТО, що ускладнює адаптацію законодавства України до норм і правил ЄЄ та НАТО. Основним документом довгострокового планування у країнах НАТО є концепція розвитку (модель) ЗС країни на 10…20 років уперед [39]. В свою чергу середньострокова програма життєдіяльності в США є п'ятирічною, а прийнята в країнах НАТО (2016 р.) нова модель оборонного планування (NDPP) в середньостроковій перспективі буде віддалена на інтервал понад 20 років [40].

Такі зміни в законодавстві України свідчать про внутрішньополітичний стан держави та, відповідно, організаційних і управлінських рішень керівництва держави на тлі перманентної кризи зовнішньополітичного курсу країни. Але подальше зволікання проблемами обороноздатності держави під час розроблення та прийняття документів в новому циклі оборонного планування підвищує ризики та віддаляє перспективу набуття членства України в колективній безпеці країн Європи.

Існуючі законодавчі та підзаконні акти створюють підґрунтя та в прямій постановці визначають шлях використання наукової продукції при вирішенні проблемних питань зміцнення національної безпеки, беручи початок від стратегічних завдань до вдосконалення процесів підтримки прийняття рішень. Разом з тим мають місце випадки не в повній мірі їх виконання (ст.45) [18]. Як приклад, після завершення науково-дослідної роботи щодо розробки основних напрямів розвитку ОВТ на довгострокову перспективу розділ науково-методичного забезпечення не був врахований, у нормативно правовому акті " Основні напрями розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період " [28]. В свою чергу, після схвалення цього документу, не відбулося його відповідного впливу на розроблення положення Державної цільової оборонної програми розвитку озброєння та військової техніки на період до 2022 року [34] та інших документів що вказує на розбалансування

єдності щойно розроблених документів оборонного планування. На даний час зазначені документи не витікають один з одного, а має місце їх існування відокремлено один від одного.

Система наукових досліджень, спрямованих на розвиток та зміцнення національної безпеки, в Україні створена пакетом законодавчих та підзаконних актів, основним з яких є Закон України “ Про наукову і науково-технічну діяльність ” [18]. Даний закон визначає що основними цілями державної політики у сфері наукової і науково-технічної діяльності є:

забезпечення наукового обґрунтування визначення стратегічних завдань розвитку економіки та суспільства;

зміцнення національної безпеки на основі використання наукових та науково-технічних досягнень.

При цьому держава забезпечує впровадження досягнень науки і техніки в усі сфери суспільного життя (ст. 45) [18].

Стосовно повноважень суб’єктів державного регулювання та управління у сфері наукової і науково-технічної діяльності, відповідно цього ж закону, КМ України, як вищий орган у системі органів виконавчої влади, забезпечує реалізацію державної науково-технічної політики (ст. 41) [18].

Державне замовлення на найважливіші науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію формується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері наукової і науково-технічної діяльності, у вигляді переліку, що затверджується Кабінетом Міністрів України відповідно до законодавства (ст. 57) [18]. Важливість питання підтримки прийняття рішень у воєнній сфері, як приклад, підтверджує внесення у перелік та його затвердження у 2016 році [41], розроблення програмно-технічного комплексу підтримки прийняття рішень у сфері військової логістики.

Отже, здійснюючи підтримку прийняття рішень щодо визначення шляхів оснащення військових формувань та й решти рішень з проведення оборонного планування, головним принципом буде лишатися концептуальна єдність зазначених в статті документів.

Висновки

Зазначені прогалини в існуючій системі оборонного планування щодо розвитку ОВТ можна спостерігати через відсутність таких затверджених норм:

врахування вимог документів довгострокового оборонного планування в проекти документів оборонного планування на середньострокову перспективу і так далі;

врахування науково-обґрунтованих пропозицій після завершення науково-дослідних робіт в проекти нормативно-правових актів.

Взаємозв’язок між документами довгострокового, середньострокового та короткострокового оборонного планування не є надто міцним, що не забезпечує відповідної регулятивної функції, яка повинна закладається при створенні документів спрямованих на зміцнення національної безпеки. Послабляється такий зв’язок від неповного врахування досягнень науки, наявністю лише правової оцінки нормативно-правових актів та не передбаченою процедурою їх експертизи науковими установами. Це, в свою чергу, накладає негативний вплив також при виборі шляхів оснащення військових формувань ОВТ, створюючи при цьому протиріччя між вимогами нормативно-правових актів та науковим обґрунтуванням шляхів вирішення проблемних питань, що розв’язані в науково-дослідних роботах.

В площині забезпечення національної безпеки для недопущення прогалин в організації оборонного планування, сталого розвитку законодавства України, адаптації його до норм і правил ЄС та, проведення системних реформ, до рівня, який прийнятний для членства в НАТО, доцільним шляхом вважаємо втілення в процес підготовки документів оборонного планування таких основних норм:

документам, які підлягають юридичній та правовій оцінці у сфері національної безпеки та оборонного планування, надавати експертизу відповідними інститутами Національної академії наук України та зацікавленими міністерствами щодо обов’язкового врахування результатів наукових досліджень;

направляти на доопрацювання зазначені документи при порушенні вимог законодавства України [18], та в разі наявності протиріч науково-обґрунтованим пропозиціям відповідних науково-дослідних робіт.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України від 18 листопада 2004 року № 2198 (втратив чинність 08.07. 2018) “ Про організацію оборонного планування ” // Офіційний вісник України, 2004. - № 50. - Ст. 20.
2. Закон України від 21 червня 2018 року № 2469-VIII “ Про національну безпеку України ” // Офіційний вісник України, 2018. - № 55. - Ст. 51.
3. Тимошенко Р.І. Оборонне планування: загальна логіка, структура та взаємозв’язок документів / Тимошенко Р.І., Лобко М.М., Бочарніков В.П., Свєшніков С.В. // Наука і оборона. – 2015. – №2. – С. 15-21.
4. Борохвостов І.В. Обґрунтування шляхів забезпечення збройних сил озброєнням та військовою технікою з урахуванням можливостей оборонно-промислового комплексу України (частина 1) / Борохвостов І.В. // Озброєння та військова техніка. – 2016. – № 1. – С. 9-15.
5. Борохвостов І.В. Обґрунтування шляхів забезпечення збройних сил озброєнням та військовою технікою з урахуванням можливостей оборонно-промислового комплексу України (частина 2) / Борохвостов І.В. // Озброєння та військова техніка. – 2016. – № 2. – С. 10-14.
6. Борохвостов І. В. Експертна підтримка прийнятих рішень при визначенні пріоритетів розвитку озброєння та військової техніки. / Борохвостов І.В., Павловський І.В., Циганок В.В., Андрійчук О.В // Озброєння та військова техніка. – 2017. – № 4. – С. 3-10.
7. Білокур М.О. Окремі аспекти виконання заходів програмно-цільового планування з урахуванням

циклічного розвитку технологічних укладів. / Білокур М.О., Гупало А.Ю., Розумний О.Д. // Збірник наукових праць Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняховського. – 2017. – № 3(61). – С. 37-42.
8. Саганюк Ф. В. Досвід формування стратегічних документів США в секторі безпеки. / Ф. В. Саганюк, В. Я. Мірошниченко, О. О. Сурков // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняховського. – 2016. – № 2. – С. 6-11.
9. Ткаченко А.Л. Вихідні умови до формування середньострокових програм розвитку озброєння та військової техніки в Україні та підхід до їх аналізу. / Ткаченко А.Л., Феріма Ю.В., Цимбал І.В., Троцько Л.Г., Плугова О.Б. // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняховського. – 2018. – № 1(62). – С. 57-61.
10. Теорія озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Том 1. Воєнно-технічні аспекти воєнної безпеки держави: монографія / Чепков І. Б., Зубарєв В. В., Свергунов О. О., Ленський Л. М., Смірнов В. О., Борохвостов І. В., Зубарєв О. В. // К.: Видавничий дім Дмитра Бураго. – 2014. – 432 с.
11. Теорія озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Том 5. Воєнно-технічна політика: формування, стан та шляхи удосконалення: монографія / Чепков І. Б., Зубарєв В. В., Смірнов В. О., Лапицький С. В., Сотник В. В., Гультяєв А. А., Борохвостов В. К., Ленський Л. М., Борохвостов І. В., Кручінін С. В., Копилова З. М. // К.: Видавничий дім Дмитра Бураго. – 2017. – 448 с.
12. Про затвердження середньострокового плану пріоритетних дій Уряду до 2020 року “ Розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 квітня 2017 р. № 275-р ”
13. Закон України від 6 грудня 1991 року №1932-XII “ Про оборону України ” // Відомості Верховної Ради України, 1992. – №9. – Ст. 106.
14. Закон України від 6 грудня 1991 року №1934-XII “ Про Збройні Сили України ” // Відомості Верховної Ради України, 1992 р. – №9. – Ст. 108.
15. Закон України від 18 березня 2004 року № 1621-IV “ Про державні цільові програми ” // Офіційний вісник України, 2014 р. – №14. – Ст. 13.
16. Закон України від 3 березня 1999 року №464-XIV “ Про державне оборонне замовлення ” // Офіційний вісник України, 1999. – №13. – Ст. 1.
17. Закон України від 11 липня 2001 року №2623-III “ Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки ” // Офіційний вісник України, 2001. – №31. – С. 54.
18. Закон України від 13 грудня 1991 року №1977-XII “ Про наукову і науково-технічну діяльність ” // Відомості Верховної Ради України, 1992. – №12. – Ст. 165.
19. Закон України від 8 липня 2010 року № 2456-VI “ Бюджетний кодекс України ” // Офіційний вісник України, 2010. – №59. – С. 9.
20. Указ Президента України від 27 серпня 2014 року № 691/2014 “ Заходи щодо удосконалення державної військово-технічної політики ” // Офіційний вісник України, 2014. – №37. – С. 18.
21. Указ Президента України від 27 березня 2015 року № 183/2015 “ Планування і формування державного оборонного замовлення ” // Урядовий кур’єр, 2015, № 59.
22. Стратегія національної безпеки України, що затверджена Указом Президента України від 26 травня 2015 року №287/2015 // Офіційний вісник України, 2015 р. – №13. – С. 50.
23. Нова редакція Воєнної доктрини України, що затверджена Указом Президента України від 24 вересня 2015 року №555/2015 // Офіційний вісник України, 2015. – №22. – С. 19.
24. Концепція розвитку сектору безпеки і оборони України, що затверджена Указом Президента України від 14 березня 2016 року №92/2016 // Офіційний вісник України, 2016. – №23. – С. 12.
25. Стратегічний оборонний бюлетень України, що затверджений Указом Президента України від 6 червня 2016 року № 240/2016 // Офіційний вісник України, 2016. – №45. – С. 15.
26. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 вересня 2002 року № 538-р. “ Концепція застосування програмно-цільового методу в бюджетному процесі. // URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/538-2002-%D1%80. (дата звернення: 11.09.2018).
27. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.02.2015 № 139-р. “ План заходів з проведення комплексного огляду сектору безпеки і оборони України та методичні рекомендації щодо його проведення ” // URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/139-2015-%D1%80 (дата звернення: 11.09.2018).
28. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 червня 2017 р. № 398-р. “ Основні напрями розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період ”. URL: https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/250071205 (дата звернення: 11.09.2018).
29. Постанова Кабінету Міністрів України від 31 січня 2007 року № 106 “ Порядок розроблення та виконання державних цільових програм ” // Офіційний вісник України, 2007. – №8. – С. 86.
30. Постанова Кабінету Міністрів України від 7 липня 2010 р. № 568 “ Прогнозні показники видатків із загального фонду державного бюджету на потреби оборони на період до 2023 року ” // URL: https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/243532442 (дата звернення: 11.09.2018).
31. Постанова Кабінету Міністрів України від 9 листопада 2011 р. № 1150 “ Державна цільова оборонна програма будівництва кораблів класу “ корвет ” за проектом 58250 ” // Урядовий кур’єр, 2011, №223.
32. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.02.13 р. № 120 “ Порядок розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих

видів такої продукції ” // URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/345-2015-%D0%BF (дата звернення: 11.09.2018).
33. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.02.2015 № 345 “ Порядок постачання озброєння, військової і спеціальної техніки та боєприпасів під час особливого періоду, введення надзвичайного стану, проведення заходів із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі і стримування збройної агресії та у період проведення антитерористичної операції ”. // Урядовий кур’єр, 2015, №102.
34. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.08.2018 №722-14 “ Державна цільова оборонна програма розвитку озброєння та військової техніки на період до 2022 року.
35. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 квітня 2011 “ Питання державного оборонного замовлення ”. // Урядовий кур’єр, 2011, №93.
36. Методичні рекомендації щодо проведення оцінки економічної і соціальної ефективності виконання державних цільових програм, затверджені наказом Міністра економіки України від 24.06.10 № 742. URL:http://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-A&tag=DerzhavniTsiloviProgrami. (дата звернення: 11.09.2018).
37. Методичні рекомендації щодо визначення результативних показників бюджетної програми. URL: http://consultant.parus.ua/doc=05Z4J6C2C3.
38. Рекомендації з оборонного планування на основі спроможностей в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України, затверджені Міністром Оборони України 12.06. 2017. URL: http://www.mil.gov.ua/content/other/Recommendationson_CBP_120617.pdf. (дата звернення: 11.09.2018).
39. Слюсар В.І. Щодо стратегії формування системи систем стандартів НАТО. / Слюсар В.І. // Тези доповідей. V Міжнародна науково-практична конференція. ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 2017. – С. 84-86.
40. Слюсар В.І. Нова модель процесу оборонного планування НАТО. / Слюсар В.І., Гамалій Н.В. // Тези доповідей. V Міжнародна науково-практична конференція. ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 2017. – С. 86-88.
41. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 липня 2016 р. № 476 “ Про державне замовлення на науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію у 2016 році ” // Офіційний вісник України, 2016. – №61, – С. 55.

Стаття надійшла до редколегії 15.09.2018 р.

Рецензент М.І. Луханін, д.т.н., професор
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

УДК 004.82 + 004.91 + 005.94

О.О. ГОЛОВІН,
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного управління
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, м. Київ)
О. Є. СТРИЖАК, *доктор технічних наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник*
(Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, м. Київ).

Окремі технологічні аспекти впровадження принципів мережецентричності в перспективні знання-орієнтовані інформаційно-аналітичні системи управління розвитком озброєння та військової техніки

Запропоновано підвищення ефективності взаємодії міністерств (відомств), структурних підрозділів МО України та ГШ ЗС України при рішенні задач управління розвитком ОВТ здійснити шляхом інтеграції їх мережевих інформаційних ресурсів в єдину інформаційно-аналітичну систему. Показано, що формування відкритого мережентричного середовища доцільно здійснити на основі використання принципів трансдисциплінарних онтологій. Зазначений підхід забезпечить ефективну обробку великих обсягів неструктурованої і просторово-розподіленої інформації у стислі терміни.

Ключові слова: інформаційно-аналітична система, мережецентричне середовище, знання-орієнтований підхід, трансдисциплінарність, онтологія.

Останнім часом особливої актуальності набуває питання створення дієвої системи управління розвитком озброєння та військової техніки (ОВТ), а саме удосконалення механізмів планування та управління життєвим циклом ОВТ за рахунок впровадження сучасних інформаційних технологій, що забезпечують збір, обробку й зберігання відповідних інформаційних даних.

Вирішення зазначеного завдання слід розглядати у контексті удосконалення існуючих процедур реалізації воєнно-технічної політики (ВТП).

Відомо, що успішне рішення завдань ВТП має формуватися на базі документів, що на стратегічному рівні визначають вектори розвитку держави, економіки, промисловості, системи безпеки, ЗС України та концептуально пов'язують цільові завдання розвитку ЗС України, основні технологічні напрями розвитку ОВТ системи безпеки, стратегічні напрями і завдання з розвитку системи озброєння ЗС України, стратегічні напрями розвитку оборонної промисловості, ВТС і науково-технічної політики з урахуванням нових умов, появи нових способів і форм ведення бойових дій, зміни пріоритетів у розвитку озброєнь, стану та можливостей ОПК [1].

Слід також враховувати, що задача обґрунтування оптимального варіанту підтримки необхідного рівня бойового потенціалу може бути віднесена до класу задач оптимізації використання військово-економічних ресурсів, а саме з одного боку – максимізації ефективності складної системи ЗС України при фіксованому обсягу ресурсів на даний період часу, з іншого боку – мінімізації витрат фінансових ресурсів при досягненні необхідного рівня ефективності зазначеної системи [2].

Складність розробки документів ВТП також обумовлена необхідністю єдиного охоплення всіх напрямів діяльності у воєнно-технічній галузі, що пов'язані з технічним оснащенням Збройних Сил України та врахуванням факторів її взаємодії з іншими системами. Так, до таких систем можна віднести [3]:

системи воєнних (бойових) дій об'єднань, з'єднань, частин, підрозділів ЗС та інших військових формувань Сектору безпеки і оборони України, а також механізми їх взаємодії;

стратегії, доктрини, концепції та інші документи, а також методологічні засади їх застосування;

системи управління військами (силами) та їх всебічного, зокрема логістичного забезпечення;

системи наукових досліджень у галузі розвитку теорії воєнного мистецтва, оперативного застосування військ (сил), програмно-цільового планування розвитку ОВТ, воєнно-економічного аналізу та ін.;

ВТП інших держав світу.

Реалізація ВТП, зокрема розробка обґрунтованих нормативних документів, що регламентують розвиток ОВТ може бути ефективною лише у разі відмови від «ручного» режиму управління відповідними процесами, що відбуваються в системі ВТП, та переходом до процедур їх безперервного відстеження, аналізу, прогнозування та прийняття взаємоузгоджених рішень в рамках процесів оборонного планування, а саме створення системи моніторингу ВТП.

На необхідність створення системи моніторингу вказано в нещодавно прийнятих нормативно-правових актах:

в п. 4.2 Стратегії національної безпеки, затвердженої Указом Президента України від 26 травня 2015 року №287/2015 [4] вказано на необхідність забезпечення «створення єдиної системи моніторингу, аналізу, прогнозування та прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони»;

у Матриці досягнення стратегічних цілей і виконання основних завдань оборонної реформи Стратегічного оборонного бюлетеня, схваленого Указом Президента України від 6 червня 2016 року № 240/2016 [5], як одне з основних завдань оборонної реформи визначено «Завдання 2.2.2. Створення процесу систематичного моніторингу та оцінки впровадження Державних програм (планів) розвитку сил оборони», а показником реалізації цього завдання е створення робочого органу з функціями моніторингу та оцінювання виконання державних програм (планів) розвитку сил оборони з терміном виконання у 2017 році;

у п. 2 розділу III Концепції розвитку сектору безпеки і оборони України, затвердженої Указом Президента України від 14 березня 2016 року №92/2016 [6], як один з основних шляхів досягнення необхідних оперативних та інших спроможностей складових сектору безпеки і оборони визначено «створення системи моніторингу, аналізу, прогнозування, моделювання та підтримки прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони».

Специфіка створення та функціонування такої системи полягає у необхідності організації спільної роботи широкого кола державних органів, установ, відомств, підприємств, діяльність яких пов'язана з розробкою значної кількості взаємопов'язаних документів, як пасивних систем знань, за існуючими сферами діяльності (функціональними циклами управління з розробкою, реалізацією і своєчасним коригуванням).

Таким чином перспективна система моніторингу має бути побудована на використанні існуючих організаційних структур суб'єктів моніторингу і функціонувати на основі єдиного нормативного, організаційного та методологічного забезпечення, об'єднання складових частин та уніфікованих компонентів цієї системи. При цьому Суб'єктами системи моніторингу повинні здійснюватися заходи щодо максимальної уніфікації методик спостережень, створення банків даних для їх багатоцільового колективного використання за допомогою єдиної комп'ютерної мережі, що забезпечує автономне і спільне функціонування складових цієї системи та взаємозв'язок з іншими інформаційними системами, які діють в Україні. Більш того, уся сукупгість інформаційних ресрсів, включаючи й друковані документи, повинна разглядатися як пасивна система знань, змістовність якої визначається множинністю фактів, правил, висловлень та тверджень, що визначають функціональність відповідних структур.

Реалізація зазначених підходів можлива за умови удосконалення існуючих елементів системи, зокрема у напрямку підвищення рівня автоматизації, удосконалення механізмів спостережень, збирання, оброблення, збереження, передавання та аналізу інформації про стан ВТП, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих пропозицій та рекомендацій для прийняття управлінських рішень щодо ефективної реалізації заходів у сфері ВТП. Вона має створюватися як просторово-розподілена інформаційна система, пріоритетами функціонування якої є захист життєво важливих інтересів держави у сфері національній безпеки, технічного оснащення ЗС України та інших військових формувань озброєнням, військовою та спеціальною технікою, запобігання відставанню в галузі розробки високотехнологічних зразків (комплексів, систем) ОВТ та розвитку передових наукових технологій, забезпечення ефективного функціонування ОПК і системи ВТС.

Автоматизація процесів розвитку ОВТ на державному рівні дозволить забезпечити досягнення таких основних цілей [7]:

підвищення рівня адекватності дійсному стану ВТП його інформаційної моделі, що формується на основі даних систематичних спостережень, здійснюваних спеціальними службами міністерств і відомств, підприємствами, організаціями та установами в порядку виробничо-інформаційної діяльності і науково-дослідних робіт;

підвищення оперативності одержання та достовірності первинних даних за рахунок використання досконалих методик, сучасних засобів комп'ютеризації процесів збирання, накопичення та оброблення інформації з питань ВТП на всіх рівнях державного управління;

підвищення рівня та якості інформаційного обслуговування користувачів інформацією з питань ВТП на всіх рівнях функціонування системи на основі мережного доступу до розподілених відомчих та інтегрованих баз даних, комплексного оброблення і використання інформації для прийняття відповідних рішень;

підвищення якості обґрунтування заходів у сфері ВТП та ефективності їхнього здійснення;

сприяння розвитку міжнародного співробітництва в галузі створення ОВТ та надання послуг стосовно продукції військового й подвійного призначення.

Така система повинна створюваться як складова національної інформаційної інфраструктури і має бути сумісною з інформаційно-аналітичними системами Міністерства оборони України (Збройних Сил України).

Необхідність здійснення інформаційного (інформаційно-методичного) забезпечення токож випливає із результатов аналізу функціонування системи оборонного планування в Україні.

Зазначене забезпечення має являти собою комплекс інформаційних засобів і технологій, методів, методик, процедур, які виконуються у відповідності до методології оборонного планування, а також систему інформаційно-обчислювальних засобів з реалізацією функцій обміну інформацією з метою підготовки вихідних даних, отримання нових даних і формування на основі їх обробки і аналізу рекомендацій, необхідних для своєчасного прийняття обгрунтованих рішень щодо розвитку ОВТ.

З іншого боку, інформаційно-методичне забезпечення має визначити необхідну для формування Державних програм розвитку ОВТ (ДПР ОВТ) інформацію (її зміст, обсяг і джерела), установлювати характер і зміст інформаційних потоків між учасниками розробки ДПР ОВТ, технологію організації і реорганізації баз даних та являти собою єдиний комплекс інформаційних і методичних компонент.

Воно повинно бути спрямовано на ефективне виконання процедур збору, отримання, передачі, об'єднання, зберігання, систематизації і документування, контролю достовірності інформації, та порядок оновлення, розподілу і обміну її між користувачами.

Інформаційно-методичне забезпечення повинно представляти сукупність реалізованих рішень по змісту, обсягу, розміщенню і формам організації та видачі користувачам інформації, що циркулює в процесі розробки і формування ДПР ОВТ з чітким визначенням – кому, якого змісту, в якому обсязі і послідовності, з якими точністю і ступенем деталізації повинна видаватися інформація.

Усе це вимагає використання адекватного науково-методичного апарату, що дає змогу на концептуальній стадії досліджень проблем технічного оснащення збройних сил, обґрунтування задуму розвитку їх системи озброєння в цілому та її структурних компонентів, а також при розгляді питань військово-технічного співробітництва з іноземними державами й надалі формувати з його допомогою в автоматизованому режимі роботи і приймати обґрунтовані управлінські рішення [8]

Складність формування заходів розвитку ВТП (управління ї реалізації) зумовлюється прийняттям рішень в умовах невизначеності, нечітких вихідних даних про об'єкт управління, нестабільності та невизначеності зовнішнього середовища, а інформація, необхідна для опрацювання й реалізації адекватних планових та управлінських рішень, розпорошена у множині різноманітних баз даних, розподілена територіально, зберігається в різних форматах, обробляється по-різному, недостатньо актуалізована, доступ до неї пов'язаний з організаційними та іншими труднощами.

Крім того, при створенні сучасних розподілених інформаційно-аналітичних систем необхідно вирішувати проблеми, що повязані з такими аспектами [9]:

складність опису (велика кількість функцій, процесів управління розвитком ОВТ, інформаційних потоків і складні взаємозв'язки між ними);

наявність сукупності тісно взаємодіючих компонентів (підсистем), що мають свої локальні цілі й завдання функціонування (наприклад, традиційних додатків, пов'язаних з обробкою транзакцій і розв'язком регламентних завдань обґрунтування перспектив розвитку ОВТ і додатків аналітичної обробки, що використовують нерегламентовані запити до даних великого обсягу);

відсутність прямих аналогів, що обмежує можливість використання вже наявних типових проектних рішень і прикладних систем;

необхідність інтеграції існуючих і знову розроблювальних додатків у єдиний інформаційний простір організації учасників процесів управління розвитком ОВТ (органів державного й військового управління, науково-дослідних організацій Міністерства оборни України, військових частин, підприємств промисловості та ін.);

функціонування в неоднорідному середовищі на декілька апаратних платформах;

роз'єднаність і різнорідність окремих груп розроблювачів за рівнем кваліфікації й традицій, що склалися використання тих або інших інструментальних засобів;

істотна часова довжина проекту, обумовлена, з одного боку, обмеженими можливостями по фінансуванню розробок і можливостями проектних організацій, і з іншого боку, масштабністю системи управління розвитком ОВТ і різним ступенем готовності окремих її елементів до впровадження АІС УРО, важливістю розв'язуваних завдань, необхідністю підтримки досить різнорідної й постійно мінливої інформації.

Одним із нарямів рішення зазначених проблем є підвищеня рівня взаємодії інформаційних процесів, що відбуваються у рамках єдиної системи в ході рішення прикладної задачі оперативного управління просторово-розподіленими структурами і підрозділами.

До частокових завдань підвищення ефективності взаємодії міністерств (відомств), структурних підрозділів МО України та ГШ ЗС України також слід віднести процеси підтримки прийняття рішень, які забезпечують синхронізацію їх взаємодії, забезпечення раціонального вибору на основі об'єктивності і достовірності використовуваної інформації, і уявлення достатньої повноти семантичного взаємозв'язку між контекстами понять, які характеризують безпосередньо всі інформаційні процеси, які складають власне взаємодію [10, 11] .

При цьому необхідно враховувати, що об'єкти (концепти), що становлять предметність кожного завдання і властивості, яких визначають умови і етапи рішення більшості прикладних оперативних завдань, найчастіше відображають різні тематичні процеси, і тим самим визначають як мінімум міждисциплінарний характер такої взаємодії.

Тим самим, характер такої взаємодії визначає її мережеву орієнтацію, в середовищі якої активно проявляють себе засоби, що дозволяють застосовувати інформаційні ресурси з різних галузей знань при вирішенні складних прикладних задач, які мають значну кількість міждисциплінарних відносин, і створені на основі використання різних інформаційних технологій і стандартів.

Якщо визначити, що як суб'єкти зазначеної мережевої взаємодії, так і сукупність її інформаційних процесів, можуть бути представлені у вигляді функціональних вузлів, між якими взаємодія реалізується на основі використання їх множинної зв'язності [12], то ми отримуємо відкрите мережецентричне середовище [13, 14].

Тоді ефективність взаємодії між просторово-розподіленими структурами в мережецентричному середовищі забезпечується за рахунок встановлення непорожньої безлічі зв'язків між контекстами об'єктів, які можуть мати певну функціональність і складають структуру її вузлів.

Про перспективність реалізації зазначених попозицій свідчить світовий досвід побудови мережецентричних систем.

Так, провідні країни світу вже давно ведуть роботу зі створення мережецентричних рішень в основі яких лежить спроба використання онтологій [15 – 19], що описують семантику об'єктів. Сьогодні ця робота (опис моделей механізмами онтологій) розвивається в напрямку досягнень вимог стандартів SISO, включаючи MSDL, C-BML, JC3IEDM, OBS і розподіленого інтерактивного моделювання (Distributed Interactive Simulation – DIS) [20 – 24]. В рамках SISO (організація зі стандартизації взаємодії змодельованих просторів) створено робочу групу (C-BML Study Group), до якої увійшли підрозділи по розробці і стандартизації:

- C2IEDM (Command and Control Information Exchange Data Model) – моделі даних інформаційного обміну в ході управління військами, у тому числі таксономії, онтології і мова опису процесів управління коаліційних угруповань (BML) – рекомендації для групи розробки BML;
- Enabling Network-Centric Operations with Semantic Web Technologies – концепція мережоцентрічніх бойових дій;
- CASCADE (Content Access System for the Combat) – гнучке розподілене середовище;
- SISO-STD-007-2008 (Military Scenario Definition Language) – мова планування бойових дій;
- CCSIL (Command and Control Simulation Interchange Language) – мова обміну даними для імітації процесів управління військами;
- US Army SIMCI OIPT BML (Simulation to C4I Interoperability Overarching Integrated Product Team) – адаптація процедур американської системи управління C4I засобами мови опису процесів бойового управління.

Зазначені робочі групи є розробниками ряду стандартів, в тому числі:

- BML – мова опису процесів бойового управління коаліційних угруповань (Coalition Battle Management Language – C-BML2), що використовується для формалізації і стандартизації процесів і документів планування, команд управління, звітів і повідомлень для використання в існуючих системах Command and Control Information System (C2IS), а в перспективі – для управління роботизованими бойовими формуваннями майбутнього.

Системи C2IS використовують базу об'єднаних моделей даних з обміну інформацією для управління, контролю і консультування НАТО – JC3IEDM (розвиток стандарту C2IEDM).

- MSDL – мова планування сценаріїв бойових дій (Military Scenario Definition Language – MSDL). Сценарії бойових дій, що розробляються в рамках інформаційних систем моделювання та імітації (Modelling and Simulation – M & S) використовують базу стандартних моделей MSDL.

Стандарти C-BML і MSDL є ключовими для групи стандартизації НАТО MSG-085. Стандарти знаходяться в процесі розвитку з метою отримання розвинених технічних специфікацій для інформаційних систем управління і контролю C2IS, дозволяючи системам моделювання підтримувати ряд важливих військових операцій. Ця робота ведеться в напрямку розвитку Концепції «мережецентричних бойових дій» (Network-Centric Warfare) з метою виключення ручної роботи по інтеграції систем моделювання стратегічного рівня з тактичними даними.

Сценарії бойових дій, що розробляються в рамках інформаційних систем M & S, і використовують стандарт MSDL і безпосередньо будуть сумісні з форматами даних систем бойового управління C2IS. Розробляється загальна семантика систем C2IS і M & S через загальні описи цільових завдань (наказів). В якості робочої схеми вирішення цієї проблеми використовується математичний апарат формального опису моделей предметних областей – Ontology Web Language (OWL) [25].

Використання зазначених технологічних підходів орієнтовано на забезпечення інтеграції інформаційних процесів різної природи за рахунок семантичних рішень: спільного використання онтологій та описів, і логіки міркування OWL-DL (Description Logics – DL) з метою автоматичного виявлення явних відносин між поняттями різних систем. Стверджується, що вищезгадані стандарти мають певні механізми, які дозволяють виявляти поняття, які перекриваються з аналогічними структурами, активними в мережі. Так, математичний апарат DL надає можливість автоматично визначати поняття, які перекриваються, що дозволяє виключити надмірність функціонуючих вузлів мережі. Це й забезпечує узгодження (злиття) онтологічних систем мережецентріческой середовища.

Однак основна проблема мережецентрізма – забезпечення високого рівня інтероперабельності взаємодії складових інформаційних систем, досягається за рахунок дотримання певного єдиного стандарту, що ускладнює процеси інкапсуляції в її середовище інформаційних систем, створених за іншими стандартами (технологіями). Істотним недоліком зазначених підходів і рішень є застосування мовних засобів, механізми яких використовують відношення лінійної впорядкованості, що істотно ускладнює формування відкритого мережентричного середовища, утвореного інформаційними системами різних стандартів, у вигляді єдиного упорядкованого інформаційного простору.

Процес формування відкритого мережентричного середовища характеризується наступними станами [13, 14, 20 – 24]:

• формування реалізується на основі єдиного інформаційного простору, в якому відсутні механізми жорсткого закріплення централізованого контролю і управління;

• цілеспрямоване забезпечення певних рівнів взаємодії складних систем, на основі принципів самоорганізації частково упорядкованого хаосу і за рахунок діяльності різних складових систем, що самі самоорганізуються у вигляді різних форм їх організаційної поведінки;

• всі складові – автономні і самостійні, можуть мати різні цілі, статуси, засоби існування і інші атрибути;

• мережецентрична модель включає гомеостаз, фрактальність і самореалізацію складових її інформаційних систем.

На процес взаємодії з інформаційними ресурсами мережецентрічного середовища впливають такі три аспекти [14]:

а) синтаксичний, який стосується формальної правильності повідомлень з точки зору синтаксичних правил мови, використовуваного безвідносно до його змісту;

б) семантичний, який відображає рівень понятійної взаємодії;

в) прагматичний, який визначає операціональні аспекти їх використання.

Також інтеграція інформаційних ресурсів в мережецентричне середовище, потребує вирішення цілого кола проблем, які також характеризують процеси взаємодії. До цих проблем фахівці відносять наступне:

• розподіленість;

• гетерогенність, інтероперабільність інформації тільки на синтаксичному і структурному рівнях;

• неповну відповідальність за інформацію, що передається при інтеграції;

• дублювання інформації;

• втрата повноти контролю доступу до інформації;

• технологічні труднощі, пов'язані з різноманітністю форматів представлення даних;

• наявність конфліктів між інформаційними одиницями на понятійному рівні;

• інформаційна ентропія джерела інформації.

Однак основною технологічною проблемою формування відкритого мережецентричного середовища є забезпечення імплементації довільної інформаційної системи, у рамках якого здійснюється управління інформаційними ресурсами, що формуються на основі різних стандартів і технологій. Вирішення цих проблем лежить в напрямках, пов'язаних зі створенням і використанням різних засобів обробки інформації, як пасивної системи мережевих знань, яка здатна обробляти розподілені політематичні масиви даних великої розмірності, і тим самим надавати певну допомогу фахівцям у виборі і прийнятті конкретного рішення по заданій проблематиці.

Таким чином, практично завжди у фахівців, які повинні синхронно вирішувати різні оперативні завдання розподіленого управління, виникає необхідність в інтеграції використовуваних інформаційних ресурсів і даних мережецентричного середовища на основі тематичних властивостей інформаційних одиниць, що визначають обрану стратегію вирішення. З іншого боку існуючі просторово-розподілені масиви інформації вимагають застосування системних рішень, що забезпечують найбільш природні для людини формати взаємодії в мережевому середовищі. Подання необхідної для цього атрибутики реалізується на сьогодні за допомогою знання-орієнтованих технологій [26, 27], однак узагальненого рішення щодо забезпечення процесів підвищення ефективності інтегрованого використання складних інформаційних систем та знання-орієнтованого прикладного програмного забезпечення з різною атрибутикою на сьогодні немає. Тобто виникає складна науково-технічна проблема, яка пов'язана із забезпеченням процесів інтегрованої взаємодії складних інформаційних систем в процесі вирішення фахівцями прикладних задач. Під інтегрованою взаємодією будемо розуміти процес коректного одночасного використання мережевих інформаційних ресурсів, що обробляються різними інформаційними системами і які не мають спільних інтерфейсів і реалізовані на основі різних стандартів.

Конструктивно, така інтегрована взаємодія інформаційних систем з використанням мережевих інформаційних ресурсів можлива, якщо ці системи умовно розмістити в єдиному і певним чином упорядкованому інформаційному просторі. Згідно з останніми дослідженнями існування такого простору можливо, якщо його властивості розглядати на основі категорії трансдисциплінарності [26 – 30]. Вона дозволяє розглядати всі процеси в інформаційному просторі на основі категорії множинної впорядкованості станів взаємодії систем, які її складають.

Категорія трансдисциплінарності інформаційного середовища представима через прояв рекурсивних та рефлексивних властивостей множин таксономічних і операціональних особливостей онтологій предметних областей, які відображають всі процеси і об'єкти самого середовища. При цьому, рекурсивность, як функціональне властивість таксономії, дозволяє визначити множинну часткову упорядкованість множин таксономічних і операціональних властивостей онтологічних моделей предметних областей, що відображають всі процеси і об'єкти самого середовища [28]. Іншими словами над множинами елементів, які складають системні компоненти онтологічних систем мережецентричного середовища, задається гіпервластивість множинної часткової впорядкованості. Таке інтуїтивне розуміння категорії трансдисциплінарності дозволяє реалізувати при інтеграції інформаційних ресурсів принцип формування мережі єдиного упорядкованого інформаційного середовища, здатного стати досить універсальним і мовно-незалежним носієм знань. Її конструктивність визначає теоретичні основи створення інформаційної технології формування та постійного розвитку мережецентричного середовища на основі трансдисциплінарної інтеграції політематичних, інформаційних ресурсів в процесі вирішення складних прикладних проблем і завдань.

Категорія трансдисциплінарності дозволяє розглядати інтеграцію інформаційних ресурсів як певний процес використання будь-яких контекстів, які складають суть взаємодії мережевих інформаційних систем. Її застосування для імплементації інформаційних систем дозволяє узагальнити застосування онтологічного підходу на рівні концептуального відображення взаємодії мережевих інформаційних процесів і систем в різних предметних областях.

У зв'язку з цим виникає можливість створення мережецентричної онтографічної інформаційно-аналітичної

системи підтримки прийняття рішень у складній оперативній обстановці. Зазначена система орієнтована на обробку великих обсягів неструктурованої і просторово-розподіленої інформації та будується як сучасна система управління мережевими інформаційними масивами різної розмірності і системами знань на основі онтологічного управління і аналітичної (геоінофрмаційной і ін.) складової.

При цьому, система орієнтована на підтримку наступних складних технологічних рішень:

система будується як корпоративний інформаційно-аналітичний портал для забезпечення швидкого доступу до інформації за рахунок використання технології «єдиного вікна» з онтологічним інтерфейсом;

система будується за радіальним принципом як сучасна корпоративна територіально-розподілена сервісно-орієнтована інформаційно-аналітична система підтримки прийняття рішень з модулями моделювання та обробки даних, які притаманні експертним системам.

Використання зазначених підходів забезпечує вирішення наступних завдань з підтримки взаємодії експертів в сетецентріческой середовищі:

- забезпечення безшовної інтеграції з інформаційними системами різних різних міністерств (відомств);

- забезпечення аналітиків, експертів, керівників даними, інформацією, результатами розрахунків і моделювання, а також іншими параметрами для подальшої обробки, аналізу, прийняття рішень і формування зворотних (керуючих) впливів на інформаційні підсистеми;

- забезпечення адаптивності системи до реалізації процесів інноваційних перетворень інформаційного середовища, яке використовується різними органами військового управління, з метою поетапного підвищення ефективності системи управління, забезпечуючи високу ступінь надійності тощо;

- забезпечення безперервного моніторингу інформаційних процесів, аналіз їх станів і прийняття рішень на основі отриманої інформації;

- забезпечення спеціальної обробки та аналізу параметрів стану різних інформаційних систем на основі отриманих значень їх вимірювань;

- забезпечення обліку отриманих результатів при прийнятті рішень про передумови екстремального розвитку процесів, що підлягають моніторингу;

- забезпечення оперування не тільки вихідним складом елементів (даних) обробки, але і об'єднанням їх в групи (класи) за рахунок побудови таксономії (онтології) елементів, використання онтологічного підходу до опису елементів і параметрів інформаційного середовища;

- забезпечення інтеграції з ГІС для відображення в просторі і часі (можливість перегляду в різних часових зрізах) результатів аналізу стану об'єктів і параметрів системи;

- забезпечення використання програмних засобів оптимізації та розробки, забезпечує швидку адаптивність системи до постійно змінюваних умов обстановки.

Таким чином функціонування ІАС, побудованої на основі наведених підходів забезпечить:

Узгодженість нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, а також сумісність технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових частин;

Систематичність спостережень за станом ВТП та об'єктами, що впливають на неї;

своєчасність отримання, комплексність оброблення та використання інформації, що надходить і зберігається в системі моніторингу;

об'єктивність первинної, аналітичної і прогнозної інформації та оперативність її доведення до органів державної влади, органів місцевого самоврядування, інших зацікавлених установ;

доступність інформації для зацікавлених органів державної влади та установ.

Зазначені фактори мають принципово підвисисити ефективність функціонування системи управління розвитком ОВТ.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Бегма В.М. Військово-технічна та оборонно-промислова політика України в сучасних умовах: аналіт. доп. / В. М. Бегма, О. О. Свергунов; упоряд. В. М. Маркелов, [за заг. ред. В. М. Бегми]. – К. : НІСД, 2013 – 112 с.
2. Теорія озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Т. 6. Воєнно-економічний аналіз життєвого циклу озброєння та військової техніки: теоретико-методологічні засади: монографія / І.Б. Чепков, В.В. Зубарєв, В.К. Борохвостов, О.О. Головін [та ін.]. – К.: ВД Дмитра Бураго, 2018. – 475 с.
3. Воєнно-технічна політика: проблеми формування та управління: моногр. / В.О. Смірнов, Л.М. Ленський, С.В. Жданов; за заг. ред. В.О. Смірнова. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2011. – 216 с.
4. Указ Президента України від 26 травня 2015 року № 287/2015 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року «Про Стратегію національної безпеки України»» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/287/2015.
5. Указ Президента України від 20 травня 2016 року №240/2016 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про Стратегічний оборонний бюлетень України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.president.gov.ua/documents/2402016-20137
6. Указ Президента України від 14 березня 2016 року №92/2016 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 4 березня 2016 року « Про Концепцію розвитку сектору безпеки і оборони України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.president.gov.ua/documents/922016-19832
7. Теорія озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Т. 5. Воєнно-технічна політика України: формування, стан та шляхи удосконалення: монографія / І.Б. Чепков, В.В. Зубарєв, В.О. Смірнов [та ін.]. – К.: ВД Дмитра Бураго, 2017. – 448 с.

8. Величко О.Ф. Елементи методології програмно-цільового планування реформування та управління розвитком оборонно-промислового комплексу держави // Щоквартальний науково-теоретичний та науково-практичний журнал Міністерства оборони України “Наука і оборона” – 2015. – № 2. – С. 39-49.
9. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. [Под ред. А.М. Московского]. – М. : Вооружение. Политика. Конверсия, 2004 – 419 с.
10. Горбулин В.П. Без права на покояние [текст] / В.П.Горбулин. – К., Фолио, 2010. – 383 с.
11. С.О.Довгий, П.І.Бідюк, О.М.Трофимчук. Системи підтримки прийняття рішень на основі статистично-ймовірнісних методів. – Київ: Логос, 2014. – 419с.
12. Malishevski A.V. Qulitative models in the theory of complex systems. – M.: Nauka. Fizmatlit. 1998. – 528 c.
13. A Taxonomy of Network Centric Warfare Architectures. Anthony Dekker. Defence Science & Technology Organisation DSTO Fern Hill. Department of Defence, Canberra ACT 2600, Australia.
14. В.П. Клинцов Использование семантики в стратегии сетецентрического обмена данными Министерства обороны США / https://www.gkpromtech.ru/material/index?autor=%D0%92.%D0%9F.+%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2
15. Величко В. Ю. Комплексные инструментальные средства инженерии онтологий / В. Ю. Величко, К. С. Малахов, В. В. Семенков, А. Е. Стрижак // International Journal «Information Models and Analyses», 2014. – Volume 3. – Number 4. – P. 336-361.
16. Гладун В. П. Процессы формирования новых знаний [Текст] / В. П. Гладун. – София : СД «Педагог 6», 1994. – 192 с.
17. Палагин А. В. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний / А. В. Палагин, С. Л. Крывый, Н. Г. Петренко. – [монография] – Луганск : изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 323 с
18. Gruber T. R. A translation approach to portable ontology specifications / T.R. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5. – P. 199 – 220.
19. Guarino N. Understanding, Building, and Using Ontologies // URL: http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/guarino/guarino.html
20. Future Directions for NSF Advanced Computing Infrastructure to Support U.S. Science and Engineering in 2017-2020: Interim Report/ Committee on Future Directions for NSF Advanced Computing Infrastructure to Support U.S. Science in 2017-2020 / Computer Science and Telecommunications Board / ISBN 978-0-309-31379-7
21. Heffner, K., Pullen J. and Khimeche L., «MSG-048 Technical Activity Experimentation to Evaluate Applicability of a Coalition Battle Management Language in NATO», NATO Modelling and Simulation Group Conference, Utrecht, Netherlands, September 2010
22. Realizing the Potential of C4I: Fundamental Challenges / Committee to Review DOD C4I Plans and Programs. Computer Science and Telecommunications Board, 1999 – http://www.nap.edu/catalog/6457.html
23. C4ISR for Future Naval Strike Groups / Committee on C4ISR for Future Naval Strike Groups. Naval Studies Board . Division on Engineering and Physical Sciences, 2006 – http://www.nap.edu/catalog/11605.html
24. Сергеев Н.А. Облик перспективной сетецентрической информационно-управляющей системы обеспечения национальной безопасности России в новых геополитических условиях // Информационные войны. 2010. №1.
25. OWLWebOntologyLanguage [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Guidehttp://www.w3.org/TR/owl-guide/, свободный.
26. Палагин А. В. Трансдисциплинарность, информатика и развитие современной цивилизации / А. В. Палагин // Вісник Національної академії наук України. – 2014. – № 7. – С. 25-33. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2014_7_6
27. Стрижак А. Е. Онтологические аспекты трансдисциплинарной интеграции информационных ресурсов / А. Е. Стрижак // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, 2014. № 65. – С. 211-223.
28. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 / Стрижак Олександр Євгенійович ; Нац. акад. наук України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – Київ, 2014. – 47 с.
29. Князева Е. Н. Трансдисциплинарные стратегии исследований [Текст] / Е. Н. Князева // Вестник ТГПУ, 2011. – №10. – с. 193-201.
30. Головін О.О. Єдиний інформаційний простір – основа ефективної реалізації принципів програмно-цільового планування розвитку озброєння та військової техніки / О.О. Головін // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2018. № 2 (31). – С. 41-46.

Стаття надійшла до редколегії 23.11.2018 р.

Рецензент С.В. Лапицький, д-р техн. наук, професор (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

УДК 623.4.08

KNJAZSKY O.V., *engineer*
MOSIYCHUK S.Y., *engineer*
SHEVTSOVA T.M.
(Central Research Institute of Arms and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine)

Analysis approaches to construction management systems managed artillery (reactive) projectile of small caliber

Проведено аналіз можливих підходів до побудови систем управління керованих снарядів калібру 120 (122) -мм. Розглянуті автономні, неавтономні й комбіновані системи управління.

Ключові слова: система управління, керований снаряд, середньоквадратичне відхилення.

Проведен анализ возможных подходов к построению систем управления управляемых снарядов калибра 120(122)-мм. Рассмотрены автономные, неавтономные и комбинированные системы управления.

Ключевые слова: система управления, управляемый снаряд, среднеквадратическое отклонение.

Existing systems of control of the aircraft (LA) allow purposefully and in a wide range to influence the flight path of the projectile (including reactive), thus eliminating sight errors, the effects of the atmosphere impact, the initial conditions of launch and other factors that reject the projectile from the target.

As a result, the accuracy of shooting projectiles management system is significantly increased (guided artillery shells (GAS) «Krasnopol-M2», «Kvitnyk-E», rockets «Tornado-S») and increased shooting range by **under planning** for passive area of the trajectory (PAT) (Figure 1), and as a result, the effectiveness of solving combat missions increases significantly.

A classic uncontrolled artillery shell and a projectile reactive system of a salvo fire are the rotating projectile statically stable on a ballistic flight trajectory. As objects of control such shells are non-stationary. That is, on the active part of the trajectory (APT), its non-stationary nature is due to a wide range of flight speeds, and on the PAT - a change in both speed and flight altitude. The control of such shells is usually low due to high (up to 6 ... 13%) static stability, therefore, significant control points are needed for effective management. The optimal choice of control system (CS) for small-caliber shells can be successfully implemented taking into account both the features of the shells themselves and the military tasks that solve this kind of armament. The basic requirement for guided reactive shell (GRS) to (RSZV) and GAS caliber 120 (122) mm can be providing a medium-quadratic deviation (MQD) at 15 ... 100 m (depending on the type of military equipment). Necessary indicators of MQD of these shells can be achieved using non-autonomous, autonomous or combined control systems.

The construction of high-precision control systems (CS), the MQD of which is 15 ... 30 m, is perspective for non-autonomous control systems. These systems include, above all, a system of command telecontrol or a radio correction system. The main feature of these systems is that the command management is formed at the point of the shot (start). This greatly simplifies the CS onboard equipment.

The formation of the control algorithm in the specified system is carried out by the calculator according to data of the radar accompaniment of the projectile (rockets). The transfer of commands to the aircraft is carried out using the so-called command radio control line associated with the calculator of the predicted flight path of the projectile (rocket).

The ability of modern radars to accompany up to 40 projectiles in real time, as well as the ability of modern processor systems to solve the problem of prognosticating flight paths, creates the real preconditions for the creation of high precision shells with the radio correction system.

One of the significant advantages of the system of command radio control used in non-autonomous control systems is the ability to provide it with a variety of flight paths of the projectile (rocket) in the process of convergence with the target with relatively simple equipment. However, it should be noted that these systems, like all radio engineering systems, are subject to radio interference. According to expert estimates, at distances of 20 km, the failure of the

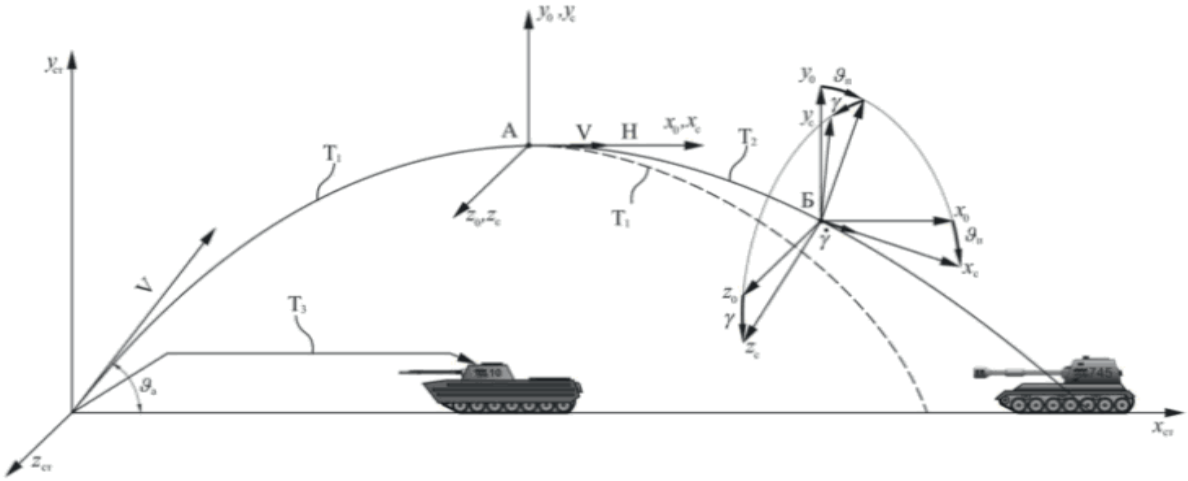


Fig. 1. Trajectory of the movement of the center of the masses of the GAS

shells (projectile) with the radio correction system can be up to 40 m.

Autonomous systems after a cannon shot (the start of a reactive projectile from the start-up launcher does not require information links with the place of the shot (starting point), nor with the target (sighting point). Such systems are built as systems of automatic stabilization of flight parameters or programmatic change of flight parameters in accordance with the purpose of guidance (monoblock or cassette equipment). The equipment of autonomous stabilization systems is completely located on board the projectile. The system's readiness is determined by the time of preparation of gyroscopic devices and access to the power source mode. The time of preparation can range from a fraction of a second to tens of seconds (0,1 ... 60 s). The overall dimensions of the control system block, constructed on a modular basis, are determined mainly by the time of operation of the system, that is, the dimensions of the power supply sources, and the powdered pressure accumulators (PPAs) required for the operation of the executive bodies of the system. The precision of projectile with such systems may be from MQD 100 m, as the system accumulates its instrumental errors in proportion to the working time. The system can be used to improve the accuracy of the shells at small hours of operation (up to several seconds) and in the area of greatest angular deviation of the projectile, which is the first third of the APT. Independent control systems with a gyrostabilized platform or free-form inertial systems have high accuracy, but their use for projectile of 120 (122) mm calibers is problematic because their gear unit (without actuating elements) exceeds the dimensional sizes that allocated to the control system block. In addition, the time of preparation of these systems at the point of the shot (start) is tens of seconds, which can be compared with the time of a full volley 120 (122) mm of the reactive system. Inertial systems, the principle of which is based on the double vector integration of the acceleration of the object, have a high cost and their use without significant reduction of this value (for example, the use of MEMS technologies) is also problematic [1, 2].

Let's return to Figure 1. Note that the design of "onboard gyro devices" essentially depends on the trajectory of the movement of the center of mass GAS from the "point" of the beginning of the movement to the target. The "point" of the start of the projectile (rocket) movement is at the beginning of the coordinate system $Z_{CT}Y_{CT}X_{CT}$. The GAS comes from a cannon with an initial speed V at an angle Θ_0 tangent to the trajectory of the movement. The gyroscope on a projectile board simulates the reference coordinate system $Z_0Y_0X_0$ in relation to which the GAS coordinate system $Z_CY_CX_C$ is determined by the angles of the bearings $\vartheta_П$ and the roll γ of the projectile when moving the GAS on a ballistic trajectory T_1 or T_2. Trajectory movement T_2 is occurs when, if after point A, there is a "under planning" of the projectile to increase the range of its flight. The dynamics of the gyroscope is given in the assumption that at the point A, the vectors of the kinetic moment of the gyroscope and the linear velocity of the center of the projectile mass coincide. When moving the center of masses of the GAS on the deck trajectory T_3, the position of the associated coordinate system relative to the reference is determined by the angle of the heel γ.

Potentially, based on the three-stage gyroscope, different variants of gyro devices can be constructed: 1 – gyrocoordinators (GRC) to measure the angle of inclination of rotating rolls of projectile; in this case, the axis of the suspension of the outer frame coincides with the longitudinal axis of the GAS; 2 – gyroscopic angle sensors measuring angles of inclination, course and pitch and the so-called gyroscopes of the direction measuring the angle of the bearing (a similar task is solved by angular displacement meters of the longitudinal axis of the projectile).

On the basis of low-cost technologies of micromechanical gyroscopes and accelerometers (MMG and MMA) can be constructed [3, 4]: gyrocoordinators; sensors of angular velocity of oscillations of the longitudinal axis GAS.

The development of gyro devices with pulsed overclocking of the hyromotics, which in the terminology are the pulsed gyroscopes, posed a problem in the formation of scientific foundations for their synthesis. At the same

time, the known schools solved the problematic questions concerning the creation of the theory and methods for calculating pulsed gyrometers, the theory and methods for calculating the accuracy of three-stage gyroscopes with variable kinetic moment mounted on rotating rolls of projectiles moving with longitudinal and transverse constant and vibrational loads [5 – 7]. An expedient direction of improvement of on-board equipment for controlling dynamic projectiles, especially small ones, is the use of inertial measuring modules (IMMs) of low precision class (Low Cost). To such an accuracy class are IWMs on micromechanical gyroscopes and accelerometers. The autonomous application of low-accuracy precision IMMs is possible only in a limited time interval (tens of seconds) or in the submission mode with other navigation information sources. To date, there are some scientific publications [3, 5, 8], as well as reports on the practical development of MMA and MMA for rotary aircraft of type GAS, is the circuit engineering and metrology of the results of the measurement of the IMM, as well as software for the development of commands for steering control units.

Consider an example of an algorithm for processing information derived from two MMG, measuring axes which are located at an angle to the axis of rotation on the executive bodies of aircraft (GRC based on MMG).

Some types of MMG, having good sensitivity and moderate drift of the zero signal, have limits in the range of angular velocities (no more than 1000 deg/s). In this case, the measuring part of the GRC can be constructed on the basis of MMG, whose measuring axes are located at an angle of 90 in relation to the longitudinal axis of the aircraft (Fig. 2).

Output signals MMG have the form

$$\begin{cases} \omega_A = \omega_{yc} cos\,\varepsilon + \omega_{xc} \sin\varepsilon; \\ \omega_Б = -\omega_{yc} \cos\varepsilon + \omega_{xc} \sin\varepsilon. \end{cases} \quad (1)$$

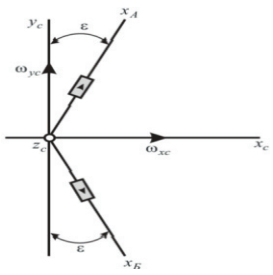


Fig. 2. The scheme of installation MMG

Projections of absolute angular velocities of the associated coordinate system $Ox_c y_c z_c$, whose position relative to the reference coordinate system is determined by the angles of the course Ψ, pitch Θ and roll γ, on its axis is determined by the following equations:

$$\begin{cases} \omega_{xc} = \dot{\gamma} + \dot{\psi}\boldsymbol{sin}\theta; \\ \omega_{yc} = \dot{\psi}\boldsymbol{cos}\theta\boldsymbol{cos}\gamma + \dot{\theta}\boldsymbol{sin}\gamma; \\ \omega_{zc} = \dot{\theta}\boldsymbol{cos}\gamma - \dot{\psi}\boldsymbol{cos}\theta\boldsymbol{sin}\gamma. \end{cases} \quad (2)$$

For the case of a small angle Θ and the ratio of angular velocities $\dot{\gamma}$ $\dot{\psi}$, we find the sum of the signals (1) taking into account (2):

$$\omega_A + \omega_Б = 2\omega_{xc} \sin\varepsilon \approx 2\dot{\gamma}\sin\varepsilon.$$

Thus, having on board aircraft two MMG with the axes of sensitivity, deployed along the longitudinal axis at a certain angle, one can determine the angular velocity of the roll by correlation

$$\dot{\gamma} = \frac{\omega_A + \omega_Б}{2\sin\varepsilon}. \quad (3)$$

To control rotating rolls, it is necessary to determine the functions of the sinus and cosine of the angle of the roll γ to convert the control signals from the reference coordinate system into the projectile. For this purpose, it is possible to pass the preliminary calculation of the angle of the roll γ by integrating the ratio (3), and directly obtain the functions $\sin\gamma$ and $\cos\gamma$.

You can use other orientation options, such as cosine paths or the Rodriguez-Hamilton parameters. In the case of the use of the latter, the rotation of the related coordinate system $Ox_c y_c z_c$ regarding in a semi-angular $Ox_c^{/} y_c^{/} z_c^{/}$ on the angle γ can be matched to four Rodriguez-Hamilton parameters, of which only two are nonzero:

$$p_0 = \cos\frac{\gamma}{2},\ p_1 = \sin\frac{\gamma}{2}. \quad (4)$$

By differentiating (4), $2\dot{p}_0 = -\dot{\gamma}p_1$; $2\dot{p}_1 = \dot{\gamma}p_0$, we find trigonometric functions $\cos\gamma = 2p_0^2 - 1$; $\sin\gamma = 2p_0 p_1$.

The block diagram of the GRC on micromechanical gyroscopes is shown in Fig. 3

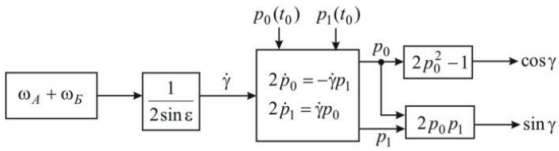


Fig. 3. Structural scheme of development $\cos\gamma$ and $\sin\gamma$ using the parameters of the Rodrigo-Hamilton.

On the basis of MMG and MMA can also be constructed sensors angular velocity and the angle of the GAS. The block diagram of the angular velocity sensor of the GAS roll using two counter-directional accelerometers, whose axis of sensitivity is perpendicular to the longitudinal axis of the object, is shown in Fig. 4

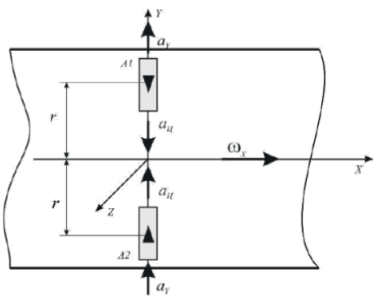


Fig. 4. Scheme for measuring the angular velocity of a small-caliber GAS roll with two MMAs

In the systems of the first a_{A1} and second a_{A2} accelerometers there will be an element a_Y due to linear

acceleration of the center of mass of the system along the axis associated with the object, as well as centrifugal acceleration a_L, due to the presence of angular velocity ω_γ of the roll:

$$\begin{cases} a_{A1} = -a_Y + a_Ц, \\ a_{A1} = a_Y + a_Ц. \end{cases}$$

Given the dependence connecting the angular velocity of the roll and the acceleration of the centrifugal [9]:

$$a_Ц = \omega_\gamma^2 r,$$

We get a relationship to determine the angular velocity of the roll

$$\omega_\gamma = \sqrt{\frac{a_{A1} + a_{A2}}{2r}}.$$

This method for measuring the angular velocity of a GAS roll distinguishes a number of advantages: the measuring scheme allows you to directly measure the angular velocity of the projectile's roll ω_γ, and not the angular velocity of the object ω_X relative to the longitudinal axis X associated with the object, which in the general case differ in magnitude $\dot{\psi} \cdot \sin\theta$ (Ψ – angular speed of search). This contributes to increasing the accuracy of the determination of the angle of the CAS roll; at large values of angular velocities, this measurement scheme, in comparison with MMG-based measurement schemes, provides greater accuracy.

This scheme has a number of disadvantages: the scheme does not allow to determine the direction of rotation, and the sensitivity only to the amplitude of angular velocity of the roll; the circuit has significantly less accuracy with small values of angular velocity of the roll (300 ... 1000 deg/s) compared with MMG measurement schemes. In this regard, this measurement scheme must be combined with a MMG-based measurement scheme that performs the function of measuring angular velocity of the roll at low angular velocities occurring at the acceleration site of the object [9].

The development of micromechanical, microprocessor systems and, above all, the development of micromechanical gyroscopes and accelerometers and the development of navigation systems with magnetometers and satellites (GLONASS / GPS) on their basis, successfully solve the problem of creating autonomous navigation control systems for 120 (122) mm projectiles from acceptable precision characteristics. That is, the accuracy of the characteristics of the projectiles of 120 (122) mm at the level of MQD 15 m and less can be achieved and with the use of integrated systems of satellite and inertial navigation with magnetometers. This allows us to develop an autonomous control system that provides continuity of navigation in conditions of intentional interference, as well as strong dynamic actions, that is, to provide solutions to the problems of increasing the noise immunity of the control equipment to various types of interference.

Expansion of the nomenclature of targets for artillery and reactive shells and effective solution of the tasks of defeating the point objectives of armored equipment (tank) in both concentration areas and on marches are possible in the case of MQD of the combat element of the cassette combat unit no more than 0.3 ... 0.5 m and the precision of the projectile (missile) withdrawal with such a combat element in the area of targets with MQD is not more than 100 ... 150 m.

The solution of such problems is possible with the use of a combined control system that includes an autonomous system of angular stabilization, due to the increased accuracy of delivery of combat elements and the self-guiding of combat elements to the target in the downstream part of the passive section of the trajectory.

Thus, as shown by the analysis of possible schemes for the construction of a control system for 120 (122) mm artillery shells and RSZV systems, the increase in precision characteristics of projectiles can be achieved by the use of a wide class of control systems. At the same time, it is possible to ensure the requirements for high precision shells with MQD from 15 to 100 m. Creation of guided missiles with integrated navigation system (on MEMS technologies) will allow solving small artillery problems RSZV of small caliber at a qualitatively new level while simultaneously reducing the material resources used in the preparation and execution of typical combat missions.

LIST OF USED SOURCES

1. Dudka V.D., Chukov A.N., Shmaarkov A.N. High-precision ammunition of different purpose. Tula: Publishing house of TulGU, 2002. 292 p.
2. Makarovets N.A., Ustinov L.A., Avotyn B.A. Jet rocket systems and their effectiveness. Tula: Publishing house TulGU, 2005. 293 p.
3. Matveev V.V., Shvedov A.P., Seregin S.I. Algorithm of orientation for a rotating flying vehicle / Mechatronics, automation, control. 2012. №9. Pp. 5-9.
4. Matveev V.V. Investigation of errors of free-form inertial navigation system of high-precision aircraft / V.V. Matveyev // Izvestiya Tula State University. Technical sciences. Issue 12. Ch. 1. Tula: Publishing house of TulGU, 2012. P. 165-173.
5. On-board gyro devices rotating on the flying vehicles / V.D. Dudka, V.I. Babichev, V.Ya. Filimonov, V.V. Kirilin, V.I. Gorin, V.Ya. Raspopov, D.M. Malyutin // Gyroscopy and Navigation. 2007.№1 (56). Pp. 36-47.
6. Gorin V.I., Raspopov V.Ya. Scientific bases of design of gyro devices with pulsed gyro motors // Defense technologies. 1995. №6. Pp. 44-50.
7. Gorin V.I., Raspopov V.Ya. Gyrocoordinators of rotating on the roll of rockets/ edited by B.Ya. Raspopov M.: Scientific-Technical Center «Informtekhnika», 1996. 151 p.
8. IEEE Std 1431-2994 Standard Specification Format Guide and Test for Coriolis Vibratory Gyros.
9. Raspopov V.Ya. Microsystem avionics: study. allowance Tula: «Grif and K», 2010. 248 p.

Стаття надійшла до редколегії 12.10.2018

Рецензент С. В. Лапицький, д-р техн. наук, проф. (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)

УДК 517.93

Т. Е. АЛЕКСАНДРОВА, *д-р техн. наук*

Построение области устойчивости цифровой системы наведения и стабилизации танковой пушки в плоскости варьируемых констант алгоритма стабилизации

Розглядається спрощена методика вибору області можливих значень варіаційних параметрів цифрової системи наведення та стабілізації танкової пушки в якості якої використовується область сталої замкнутої системи.

Ключові слова: замкнута система стабілізації,

Рассматривается упрощенная методика выбора области возможных значений варьируемых параметров цифровой системы наведения и стабилизации танковой пушки, в качестве которой используется область устойчивости замкнутой системы.

Ключевые слова: замкнутая система стабилизации.

Постановка задачи. В работе [1] рассмотрена методика параметрического синтеза системы наведения и стабилизации танковой пушки с цифровым электронным блоком. Одним из основных этапов рассмотренной методики является выбор области возможных значений варьируемых констант алгоритма стабилизации, на который отыскивается точка, обеспечивающая максимальную точность замкнутой системы стабилизации. Естественно, в качестве такой области принять область устойчивости замкнутой системы, так как устойчивость является необходимым условием функционирования любой системы управления. Вместе с тем известно [2], что построение области устойчивости замкнутой цифровой системы автоматического управления сложным динамическим объектом в плоскости варьируемых констант алгоритма управления, связанное с отысканием переходной функции непрерывной части объекта и с последующим отысканием дискретной передаточной функции замкнутой дискретной системы, является весьма сложной процедурой. В данной работе предлагается упрощенная процедура построения области устойчивости замкнутой дискретной системы, основанная на предположении о малом значении периода дискретности цифрового электронного блока системы, что для современной элементной базы систем автоматики военного назначения не является существенным ограничением.

Основная часть. Пусть непрерывная часть замкнутой дискретной системы описывается векторным дифференциальным уравнением

$$\dot{X}(t) = \Phi\,[X(t)] + BU(t), \qquad (1)$$

где $X(t)$ – n-мерный вектор состояния системы; $U(t)$ – m-мерный вектор управления; $\Phi\,[X(t)]$ – аналитическая вектор-функция; B – матрица управления разметом $n \times m$.

Дискретная часть замкнутой дискретной системы описывается линейным уравнением

$$U[kT] = KX[kT], \qquad (2)$$

где K – матрица варьируемых констант алгоритма управления (2) размером $m \times n$.

В общем случае нелинейную вектор-функцию $\Phi\,[X(t)]$ разложим в матричный ряд Тейлора и выделим его линейную часть

$$\Phi\,[X(t)] = AX(t) + R\,[X(t)], \qquad (3)$$

где $R\,[X(t)]$ – нелинейные члены матричного ряда. Не накладывая никаких ограничений на компоненты вектор-функции $R\,[X(t)]$ рассмотрим линейное векторно-матричное дифференциальное уравнение

$$\dot{X}(t) = A\,X(t) + BU(t), \qquad (4)$$

которые назовем уравнением первого приближения по отношению к исходному уравнению (1).

В соответствии с теоремами А. М. Ляпунова об устойчивости по первому приближению [2] исходная замкнутая система (1), (2) устойчива, если устойчивой является линейная замкнутая система (4), (2). В этой связи область устойчивости замкнутой системы (4), (2) \является областью возможных значений варьируемых параметров стабилизатора (2).

В соответствии с [3] разностное уравнение, которое связывает начальное состояние непрерывной части системы $X[kT]$ с конечным состоянием $X[(k+1)\,T]$ на каждом периоде дискретности, имеет вид

$$X[(k+1)\,T] = QX[kT] + HU[kT], \qquad (5)$$

где матрицы Q и H определяются формулами

$$Q = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!} A^i T^i; \qquad (6)$$

$$H = \sum_{i=0}^{\infty} \left[\frac{1}{(i+1)!} A^i T^{i+1} \right] B. \qquad (7)$$

Качество членов матричных рядов (6) и (7), которые необходимо просуммировать, зависит от величины периода дискретности T. Современные бортовые цифровые вычислительные машины как правило реализуют достаточно малый период дискретности T » 0,0005¸0,001 с. Поэтому с достаточной для решения практических задач точностью можно положить

$$Q = E + AT; \qquad H = BT.$$

Подставим соотношение (2) в разностное уравнение (5). В результате получаем разностное уравнение возмущенного движения замкнутой системы стабилизации

$$X[(k+1)\,T] = [E + AT + BTK]\,X[kT], \qquad (8)$$

а характеристическое уравнение замкнутой системы (8) записывается в виде

$$\det\,[E(1-z) + AT + BTK] = 0. \qquad (9)$$

Математическая модель возмущенного движения непрерывной части замкнутой системы наведения и стабилизации танковой пушки в конце вертикального наведения записывается в виде [2]

$$I_{\text{п}} \frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} = -k_{\text{м}} k_{\text{д}}\, \beta(t); \qquad (10)$$

$$I_{\text{к}} \frac{d^2\beta(t)}{dt^2} + f\,\dot{\beta}(t) + c\,\beta(t) = \frac{k_{\text{е}}}{r_{\text{у}}}\, U(t), \qquad (11)$$

где j (t) – угол рассогласования оси канала ствола танковой пушки и линии прицеливания; b (t) – угол отклонения коромысла электрогидравлического усилителя (ЭГУ) от нейтрального положения; $U(t)$ – выходной сигнал электронного блока стабилизатора; $I_{\text{п}}$ – момент инерции танковой пушки относительно оси цапф; $I_{\text{к}}$ – момент инерции коромысла ЭГУ относительно оси вращения; f – коэффициент жидкостного трения в оси коромысла; c – коэффициент жесткости фиксирующей пружины; $r_{\text{у}}$ – омическое сопротивление обмотки управления ЭГУ; $k_{\text{м}}$, $k_{\text{д}}$, $k_{\text{е}}$ – коэффициенты пропорциональности.

Приведем математическую модель (10), (11) к нормальной форме Коши, для чего представим их в следующем виде

$$T_{\text{п}}^2 \frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} = -\beta(t); \qquad (12)$$

$$T_1^2 \frac{d^2\beta(t)}{dt^2} + T_2^2 \frac{d\beta(t)}{dt} + \beta(t) = k \cdot U(t), \qquad (13)$$

где $T_{\text{п}}$ – постоянная времени танковой пушки; T_1, T_2 – постоянные времени ЭГУ; k – коэффициент усиления ЭГУ, причем

$$T_{\text{п}}^2 = \frac{I_{\text{п}}}{k_{\text{м}} k_{\text{д}}}; \quad T_1^2 = \frac{I_k}{c}; \quad T_2 = \frac{f}{c}; \quad k = \frac{k_{\text{е}}}{c\,r_{\text{у}}}.$$

Уравнения (12) и (13) разрешим относительно старших производных

$$\frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} = -\frac{1}{T_{\text{п}}^2}\,\beta(t); \qquad (14)$$

$$\frac{d^2\beta(t)}{dt^2} = -\frac{1}{T_1^2}\beta(t) - \frac{T_2}{T_1^2}\frac{d\beta(t)}{dt} + \frac{k}{T_1^2}U(t). \qquad (15)$$

Введем в рассмотрение вектор состояния непрерывной части системы

$$X(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \\ x_4(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varphi(t) \\ \dot{\varphi}(t) \\ \beta(t) \\ \dot{\beta}(t) \end{bmatrix}.$$

Тогда система дифференциальных уравнений (14), (15) записывается в нормальной форме Коши:

$$\begin{aligned} &\dot{x}_1(t) = x_2(t); \\ &\dot{x}_2(t) = -\frac{1}{T_{\text{п}}^2} x_3(t); \\ &\dot{x}_3(t) = x_4(t); \\ &\dot{x}_4(t) = -\frac{1}{T_1^2} x_3(t) - \frac{T_2}{T_1^2} x_4(t) + \frac{k}{T_1^2} U(t). \end{aligned} \qquad (16)$$

При записи математической модели непрерывной части системы в векторно-матричной форме (4) матрицы A и B равны

$$A=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -\dfrac{1}{T_п^2} & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\\ 0 & 0 & -\dfrac{1}{T_1^2} & -\dfrac{T_2}{T_1^2}\end{bmatrix};\quad B=\begin{bmatrix}0\\0\\0\\ \dfrac{k}{T_1^2}\end{bmatrix}$$

Пусть цифровой электронный блок стабилизатора реализует алгоритм стабилизации

$$u[nT]=k_\varphi u_\varphi[nT]+k_{\dot\varphi}u_{\omega\varphi}[nT], \quad (17)$$

где $u_\varphi[nT]$ и $u_{\omega\varphi}[nT]$ – решетчатые функции, соответствующие выходным сигналам гироскопических датчиков угла и угловой скорости

$$u_\varphi(t)=k_г\varphi(t);\quad u_{\omega\varphi}(t)=k_с\omega_\varphi(t)=k_с\dot\varphi(t)$$

или

$$u_\varphi(t)=k_г x_1(t);\quad u_{\omega\varphi}(t)=k_с x_2(t). \quad (18)$$

Тогда, в соответствии с формулами (18), алгоритм (17) записывается в виде

$$u[nT]=k_\varphi k_г x_1[nT]+k_{\dot\varphi}k_с x_2[nT], \quad (19)$$

а матрица K констант алгоритма стабилизации равна

$$K=\begin{bmatrix}k_\varphi k_г & k_{\dot\varphi}k_с & 0 & 0\end{bmatrix}$$

Подставляя матрицы A, B и K в уравнение (9), получаем

$$\begin{vmatrix}1-z & T & 0 & 0\\ 0 & 1-z & -\dfrac{T}{T_п^2} & 0\\ 0 & 0 & 1-z & T\\ \dfrac{kk_гT}{T_1^2}k_\varphi & \dfrac{kk_cT}{T_1^2}k_{\dot\varphi} & -\dfrac{T}{T_1^2} & 1-z-\dfrac{T_2T}{T_1^2}\end{vmatrix}= \quad (20)$$

$$=(1-z)^4-\frac{T_2T}{T_1^2}(1-z)^3+\frac{T^2}{T_1^2}(1-z)^2-\frac{T^3kk_c}{T_п^2T_1^2}(1-z)k_{\dot\varphi}+\frac{T^4kk_г}{T_п^2T_1^2}k_\varphi=0.$$

Воспользуемся методом w-преобразования [2] и в характеристическом уравнении (20) произведем замену

$$z=\frac{1+w}{1-w};\quad (1-z)=-\frac{2w}{1-w};$$
$$(1-z)^2=\frac{4w^2}{1-2w+w^2}; \quad (21)$$
$$(1-z)^3=-\frac{8w^3}{1-3w+3w^2-w^3};$$
$$(1-z)^4=\frac{16w^4}{1-4w+6w^2-4w^3+w^4}.$$

В соотношениях (21) произведем замену $w = j\omega$. В результате получаем:

$$1-z=\alpha_1(\omega)+j\beta_1(\omega);\qquad (1-z)^2=\alpha_2(\omega)+j\beta_2(\omega);$$
$$(1-z)^3=\alpha_3(\omega)+j\beta_3(\omega);\quad (1-z)^4=\alpha_4(\omega)+j\beta_4(\omega), \quad (22)$$

где

$$\alpha_1(\omega)=\frac{2w^2}{1+w^2};\quad \beta_1(\omega)=-\frac{2w}{1+w^2};$$

$$\alpha_2(\omega)=-\frac{4w^2(1-w^2)}{(1-w^2)^2+4w^2};\quad \beta_2(\omega)=-\frac{8w^3}{(1-w^2)^2+4w^2};$$

$$\alpha_3(\omega)=-\frac{8w^4(3-w^2)}{(1-3w^2)^2+w^2(3-w^2)^2};$$

$$\beta_3(\omega)=\frac{8w^3(1-3w^2)}{(1-3w^2)^2+w^2(3-w^2)^2};$$

$$\alpha_4(\omega)=\frac{16w^4(1-6w^2+w^4)}{(1-6w^2+w^4)^2+16w^2(1-w^2)^2};$$

$$\beta_4(\omega)=\frac{64w^5(1-w^2)}{(1-6w^2+w^4)^2+16w^2(1-w^2)^2}.$$

С учетом соотношений (22) характеристическое уравнение (20) принимает вид

$$\alpha_4(\omega)+j\beta_4(\omega)-\frac{T_2T}{T_1^2}[\alpha_3(\omega)+j\beta_3(\omega)]+\frac{T^2}{T_1^2}[\alpha_2(\omega)+j\beta_2(\omega)]-$$
$$-\frac{T^3kk_c}{T_п^2T_1^2}[\alpha_1(\omega)+j\beta_1(\omega)]k_{\dot\varphi}+\frac{T^4kk_г}{T_п^2T_1^2}k_\varphi=0. \quad (24)$$

Комплексная величина равняется нулю в том случае, если отдельно являются нулю отдельно её действительная и мнимая части, поэтому уравнение (24) эквивалентно двум уравнениям

$$X(\omega,k_\varphi,k_{\dot\varphi})=\alpha_4(\omega)-\frac{T_2T}{T_1^2}\alpha_3(\omega)+\frac{T^2}{T_1^2}\alpha_2(\omega)-$$
$$-\frac{T^3kk_c}{T_п^2T_1^2}\alpha_1(\omega)k_{\dot\varphi}+\frac{T^4kk_г}{T_п^2T_1^2}k_\varphi=0; \quad (25)$$

$$Y(\omega,k_\varphi,k_{\dot\varphi})=\beta_4(\omega)-\frac{T_2T}{T_1^2}\beta_3(\omega)+\frac{T^2}{T_1^2}\beta_2(\omega)-$$
$$-\frac{T^3kk_c}{T_п^2T_1^2}\beta_1(\omega)k_{\dot\varphi}=0. \quad (26)$$

Из уравнений (25) и (26) имеем

$$k_\varphi=\frac{T_п^2T_1^2}{T^4kk_г}\left\{\frac{\alpha_1(\omega)}{\beta_1(\omega)}\left[\frac{T^2}{T_1^2}\beta_2(\omega)-\frac{T_2T}{T_1^2}\beta_3(\omega)+\beta_4(\omega)\right]-\right.$$
$$\left.-\frac{T^2}{T_1^2}\alpha_2(\omega)+\frac{T_2T}{T_1^2}\alpha_3(\omega)-\alpha_4(\omega)\right\}; \quad (27)$$

$$k_{\dot\varphi}=\frac{T_п^2T_1^2}{T^4kk_c}\cdot\frac{1}{\beta_1(\omega)}\left[\frac{T^2}{T_1^2}\beta_2(\omega)-\frac{T_2T}{T_1^2}\beta_3(\omega)+\beta_4(\omega)\right]. \quad (28)$$

С помощью соотношений (27) и (28) построим границу области устойчивости замкнутой дискретной системы. Для выделения области устойчивости воспользуемся правилом штриховки [2]. Составим определитель

$$\Delta = \begin{vmatrix} \dfrac{\partial X(\omega, k_\varphi, k_{\dot\varphi})}{\partial k_\varphi} & \dfrac{\partial X(\omega, k_\varphi, k_{\dot\varphi})}{\partial k_{\dot\varphi}} \\ \dfrac{\partial Y(\omega, k_\varphi, k_{\dot\varphi})}{\partial k_\varphi} & \dfrac{\partial Y(\omega, k_\varphi, k_{\dot\varphi})}{\partial k_{\dot\varphi}} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \dfrac{T^4 k k_г}{T_п^2 T_1^2} & -\dfrac{T^3 k k_с}{T_п^2 T_1^2}\alpha_1(\omega) \\ 0 & -\dfrac{T^3 k k_с}{T_п^2 T_1^2}\beta_1(\omega) \end{vmatrix} = \quad (29)$$

$$= -\frac{T^7 k^2 k_г k_с}{T_п^4 T_1^4}\beta_1(\omega) = \frac{T^7 k^2 k_г k_с}{T_п^4 T_1^4}\cdot\frac{2\omega}{1+\omega^2}.$$

При изменении ω от 0 до ∞ определитель (29) положителен, следовательно, границу области устойчивости при перемещении вдоль неё в сторону возрастания w следует штриховать слева.

На рис. 1 приведены границы области устойчивости при различных значениях величины периода квантования *T*.

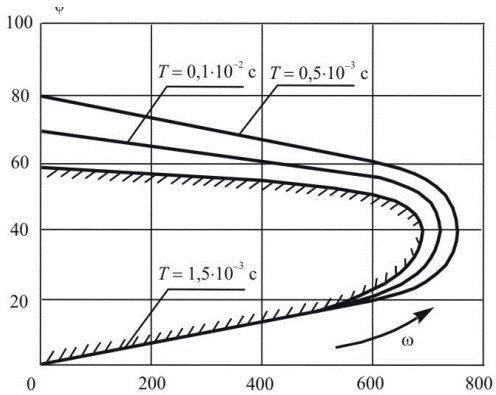


Рис. 1. Области устойчивости замкнутой дискретной системы при различных значениях периода квантования *T*

При построении областей устойчивости значения параметров объекта стабилизации принимались равными:

$$a_{\psi\psi} = -2\ \text{с}^{-2};\ a'_{yy} = -10\ \text{с}^{-1};\ a_{y\delta} = 4\ \text{м}\cdot\text{с}^{-2};$$

$$a_{y\psi} = -35\ \text{м}\cdot\text{с}^{-2};\ a'_{\psi y} = -5\ \text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1};\ a_{\psi\delta} = -1{,}2\ \text{с}^{-2}.$$

Выводы и рекомендации

Из анализа рис. 1 следует вывод, что область устойчивости замкнутой системы с цифровым электронным блоком управления существенным образом зависит от величины периода квантования *T* при фиксированном числе учитываемых членов разложения рядов (6) и (7). С увеличением величины периода *T* область устойчивости суживается и дает искаженное представление о множестве допустимых значений варьируемых констант алгоритма наведения и стабилизации. Если выбранный период квантования цифрового электронного блока превышает значение $1{,}5\cdot10^{-3}$ с, то для построения правдоподобного множества допустимых значений варьируемых констант алгоритма (17) недостаточно учета только лишь линейных членов матричных рядов (6) и (7). В этом случае ряды (6) и (7) следует выбирать как минимум в виде

$$Q = E + AT + \frac{1}{2}A^2T^2; \qquad H = BT + \frac{1}{2}ABT^2,$$

что приведет к усложнению поставленной задачи, впрочем, вполне преодолимому, ибо степень характеристического полинома (20) не возрастет, а усложнятся лишь соотношения для его постоянных коэффициентов.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Александров Е. Е. Параметрический синтез цифровой системы стабилизации танковой пушки / Е. Е. Александров, Т. Е. Александрова // Проблемы управления и информатики. – 2015. – № 6. – С. 5–20.
2. Александров Е. Е. Математическое моделирование, системный анализ и синтез динамических систем / Е. Е. Александров, Т. Е. Александрова. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2014. – 200 с.
3. Васильев С. К. Кибернетика в системах военного назначения / С. К. Васильев, В. Н. Захаров, Ю. Ф. Прохоров. – М. : Воениздат, 1979. – 263 с.

Стаття надійшла до редколегії 29.08.2018 р.

Рецензент Д.О. Волонцевич,
д-р техн. наук, профессор.
(НТУ «Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков)

УДК 351.864:001.89(043.2)

И.М. НИКОЛАЕВ

(Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, г. Харьков)

Формализация задачи синтеза облика зенитной ракетной системы нового поколения на основе системно-концептуального подхода

Рассмотрен один из возможных подходов к формализации задачи формирования рационального технического облика зенитной ракетной системы нового поколения с учетом ресурсных ограничений. Показано, что решение этой задачи в методологическом плане требует разработки системы имитационно-математических моделей, описывающих процесс боевого функционирования ЗРС при выполнении совокупности боевых задач в прогнозируемых условиях ведения боевых действий. Приводится алгоритм формирования облика ЗРС, предусматривающий выполнение функционального, технического и конструктивного синтеза по критериям максимума боевого показателя эффективности ЗРС и минимума стоимости создания ее подсистем с требуемыми характеристиками. Показано, что предложенный подход позволяют поднять уровень обоснованности тактико-технических требований и технических предложений по созданию ЗРС нового поколения и структурировать этот процесс в виде последовательности взаимоувязанных процедур, что, в свою очередь, позволит перейти к разработке методик и формализации основных этапов функционального и схемотехнического проектирования ЗРС нового поколения.

Ключевые слова: зенитная ракетная система, облик, опертивно-тактические требования, тактико-технические характеристики, функциональный синтез, технический синтез, конструктивный синтез

Розглянутий один з можливих підходів до формалізації задачи формування раціонального технічного обрису зенітної ракетної системи нового покоління з урахуванням ресурсних обмежень. Показано, що рішення цієї задачі в методологічному плані вимагає розробки системи імітаційно-математичних моделей, які описують процес бойового функціонування ЗРС при виконанні сукупності бойових завдань в прогнозованих умовах ведення бойових дій. Приводиться алгоритм формування обрису ЗРС, який передбачає виконання функціонального, технічного і конструктивного синтезу за критеріями максимуму показника бойової ефективності ЗРС і мінімуму вартості створення її підсистем з необхідними характеристиками. Показано, що запропонований підхід дозволяє підняти рівень обгрунтованості тактико-технічних вимог і технічних пропозицій зі створення ЗРС нового покоління і структурувати цей процес у вигляді послідовності взаємопов'язаних процедур, що, у свою чергу, дозволить перейти до розробки методик і формалізації основних етапів функціонального і схемотехнічного проектування ЗРС нового покоління.

Ключові слова: зенітна ракетна система, обрис, опертивно-тактичні вимоги, тактико-технічні характеристики, функціональний синтез, технічний синтез, конструктивний синтез

Постановка проблемы. Зенитные ракетные системы (ЗРС) создаются для решения задач прикрытия важных государственных объектов и группировок войск от ударов воздушного противника и должны в полной мере удовлетворять высоким требованиям борьбы с существующими и перспективными средствами воздушного нападения (СВН). Стремление к обеспечению превосходства над воздушным противником обусловливает непрерывный процесс создания ЗРС с более высокими боевыми возможностями [1-4]. Общей закономерностью их развития является непрерывное усложнение, сопровождающееся существенным увеличением сроков разработки, затрат на их создание и серийное производство. В связи с этим существенно возрастают требования к доказательности и качеству военно-научных исследований по обоснованию облика ЗРС нового поколения. Определяющим фактором качества этих исследований является уровень методологии их проведения.

Опыт стран, занимающих передовые рубежи в сфере разработки и производства зенитного ракетного вооружения, показывает, что облик ЗРС нового поколения определяется в результате концептуального проектирования, или, другими словами, синтеза, в процессе которого принимается большинство решений по составу, структуре, принципам построения и алгоритмам функционирования системы. Синтез облика ЗРС нового поколения начинается с разработки основных направлений развития образцов зенитного ракетного вооружения, продолжается в ходе военно-технических исследований по обоснованию оперативно-тактических (ОТТ) и тактико-технических требований (ТТТ) к ЗРС в рамках военных научно-исследовательских работ (НИР) и завершается (в концептуальном смысле) в специальной промышленной НИР, направленной на разработку тактико-технического задания (ТТЗ) на опытно-конструкторскую работу (ОКР) по созданию соответствующего образца вооружения. Поскольку эффективность применения ЗРС напрямую зависит от технического облика применяемых в ней подсистем, практически важными являются вопросы оптимизации состава оборудования, структуры и параметров системы с учетом ограничений, накладываемых как используемыми средствами подвижности, так и имеющимися в наличии технологиями и техническими решениями.

Практика научно-технического сопровождения работ по модернизации и созданию в Украине собственных зенитных ракетных комплексов (систем) свидетельствует о недостаточном внимании заказчика и разработчиков к вопросам методологии обоснования облика предлагаемых к разработке образцов зенитного ракетного вооружения. На сегодняшний день процесс построения облика ЗРС, как правило, находится в творческой плоскости и базируется на опыте и знаниях разработчиков. Принятие ошибочных, недостаточно продуманных и не обоснованных решений может привести к неоправданным затратам материальных средств и в конечном итоге к неосуществимости решения поставленных задач. В связи с этим актуальной является задача разработки методического аппарата обоснования

рационального облика ЗРС конкретного целевого назначения, что позволит повысить уровень обоснованности тактико-технических требований и технических предложений по ее созданию.

Формулировка цели статьи. Целью статьи является формализация задачи синтеза рационального технического облика ЗРС нового поколения на основе теоретико-множественного подхода и изложение алгоритма ее решения при заданных ресурсных ограничениях.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время практически отсутствуют работы по обоснованию облика и вариантов построения ЗРС различного целевого назначения. Исключением являются учебные пособия [5, 6], в которых кратко излагается методология обоснования структуры построения и характеристик зенитных ракетных средств; приведена постановка задачи определения рациональной структуры построения и обоснования тактико-технических характеристик подсистем ЗРК малой дальности; рассмотрена система математических моделей для решения задачи проектирования на этапе технических предложений. Однако в данных работах отсутствует математическая постановка задачи синтеза рационального технического облика ЗРС, как изделия военной техники конкретного целевого назначения.

Методологическим аспектам обоснования перспективного облика системы вооружения посвящена статья [7], в которой рассматриваются вопросы использования определенных критериев и показателей при обосновании облика различных систем вооружения, структура, общая последовательность (алгоритм) и содержание этапов процесса исследования и обоснования облика системы вооружения Вооруженных Сил, систем вооружения группировок, а также облика образцов и комплексов вооружения и военной техники (ВВТ). Работа [8] посвящена обоснованию состава основных боевых свойств и оценке эффективности ВВТ. В [9] рассмотрен один из возможных подходов к формализации процесса формирования технического облика автоматизированных систем. В статье [10] изложен методический подход к решению задачи синтеза облика средств радиоэлектронного подавления в виде трехэтапной процедуры, предусматривающей выполнение функционального, технического и конструктивного синтеза облика изделия, предлагаемого к разработке. В [11] рассматриваются элементы методологии обоснования облика перспективных авиационных комплексов (АК), проводимого при планировании развития, предпроектных исследованиях и внешнем проектировании боевых АК.

Результаты, полученные в этих работах, могут быть использованы для формализации задачи синтеза облика ЗРС нового поколения и обоснования рациональных путей ее решения с учетом заданных ограничений.

Изложение основного материала. Информационной основой для формирования облика перспективной ЗРС является концепция ее создания, под которой понимается замысел воплощения в конструкции такого сочетания боевых свойств, которое обеспечивает качественное превосходство ЗРС над зарубежными аналогами и эффективное решение боевых задач войсковыми формированиями, комплектуемыми данной техникой. Конкретным представлением концепции ЗРС является технический облик (далее – облик), отображающий ее наиболее характерные черты.

Под обликом ЗРС понимают структуру, принципы устройства и функционирования системы, а также совокупность тактико-технических и эксплуатационно-технических характеристик ЗРС и ее боевых и технических средств, которые определяют уровень технического совершенства и приспособленность системы к эффективному выполнению возлагаемых на нее боевых задач по обороне объектов и группировок войск от ударов воздушного противника в прогнозируемых условиях ведения противовоздушной операции (боевых действий).

При решении задачи формирования (синтеза) облика ЗРС нового поколения рассматривается изделие военной техники, представляющее собой совокупность функционально связанных отдельных боевых и технических средств, объединенных единой организацией функционирования и общим управлением для выполнения задач, определенных назначением системы.

Под боевыми средствами ЗРС понимаются средства, реализующие определенные функции и обеспечивающие решение боевых задач ЗРС по обнаружению, распознаванию, сопровождению и уничтожению заданной номенклатуры типов (классов) целей в прогнозируемых условиях ведения боевых действий. К боевым средствам, в общем случае, относятся командно-управляющие средства, специализированные РЛС обнаружения целей и наведения ракет, пусковые установки (устройства), а также зенитные управляемые ракеты (ЗУР). На этапе обоснования облика ЗРС нового поколения в качестве боевых средств могут выступать соответствующие технологии, под которыми понимаются совокупности документированных знаний и фактографических данных, описывающих назначение, основные тактико-технические характеристики (ТТХ) и принципы функционирования этих средств [12].

Задача синтеза облика ЗРС нового поколения, обеспечивающей требуемую эффективность решения возлагаемых на систему боевых задач при наличии ресурсных ограничений, относится к классу сложных оптимизационных задач, для решения которой предлагается использовать теоретико-множественный подход, суть которого заключается в следующих положениях.

Пусть ЗРС как сложная система имеет конечное множество $S=\{S_i\}$, $i=1,..,n$ системных (боевых и эксплуатационных) свойств, определяющих ее качество. Примем, что каждое свойство S_i имеет количественную характеристику – системный показатель качества K_i. Тогда качество ЗРС $K_{ЗПС}$ в общем виде может быть описано функционалом от показателей качества боевых свойств $K_{ЗПС}=K_f\{K_i\}$. Проведем декомпозицию ЗРС на L подсистем ($l=1,..,L$). Такими подсистемами могут быть, например, командно-управляющая, разведывательно-информационная, огневая и подсистема технического обеспечения. Каждая подсистема обладает собственными свойствами $S_l^П=\{S_{lg}\}$ и описывающими их

показателями качества, $K_l^П = \{K_{lg}\}$, где $g = 1,..,G_l$, G_l – количество свойств i-й подсистемы. В свою очередь, показатели качества подсистем определяются значениями параметров системы $K_{lg} = K_{lg}(P)$, где $P = \{P_j\}$, $j = 1,..,m$ – множество параметров системы (характеристик элементов системы).

Процесс взаимодействия подсистем ЗРС определяется множеством системных взаимосвязей $Y = \{Y_h\}$, $h = 1,..,H$. Поэтому системные показатели качества ЗРС определяются не только показателями качества ее подсистем, но и характером системных взаимосвязей:

$$K_i = \psi_i\left[\left\{K_l^П(P)\right\},\{Y_h\}\right]. \quad (1)$$

Тогда с учетом приведенных выше соотношений качество ЗРС может быть описано функционалом

$$K_{ЗРС} = K(P,Y). \quad (2)$$

В процессе применения ЗРС в ходе ведения боевых действий качество системы реализуется через ее эффективность:

$$K_{ЗРС} = F[K(P,Y),\Phi(t),V(t),U(t),T], \quad (3)$$

где $\Phi(t) = \{\Phi_z(t)\}$ – множество функций (боевых задач), возлагаемых на ЗРС, $z = 1,..,Z$; $V(t) = \{E,B(t)\}$– множество условий функционирования (боевого применения) ЗРС, включающее E– качество эксплуатации, $B(t)$– множество внешних факторов, воздействующих на ЗРС в процессе ее функционирования (боевого применения); $U(t) = \{D,A,R,I,R_a,\Phi_a(t)\}$– множество параметров, характеризующих способы применения ЗРС: D – режим функционирования системы, A – состав боевых и технических средств, R – состав применяемых задач специального программного обеспечения и информационных технологий, I – состав используемой информации, R_a – распределение задач специального программного обеспечения по автоматизированным рабочим местам боевого расчета ЗРС, $\Phi_a(t)$ – последовательность автоматизированного выполнения функций (задач) в ходе ведения противовоздушного боя; T – продолжительность применения ЗРС.

Оптимизация параметров структуры ЗРС по критерию «эффективность-стоимость» заключается в решении задачи построения системы с такими параметрами $P^* = \{P_j^*\}$, системными взаимосвязями Y^* и, соответственно, качеством $K^* = (P^*,Y^*)$, которые обеспечивают максимальную эффективность ЗРС:

$$Э = max\,F[K(P,Y),\Phi(t),V(t),U(t),T] = F\left[K^*,\Phi(t),V(t),U(t),T\right] \quad (4)$$

при заданных условиях функционирования $V(t) = V_o(t)$, $T = T_o$, способах применения $U(t) = U_o(t)$ и ограниченной стоимости ЗРС

$$C = F_C(K^*) \le C_o, \quad (5)$$

где $F_C(K^*)$ – стоимость разработки и эксплуатации ЗРС с качеством K; $C_o = C_P + C_Э$ – ограничение на стоимость ЗРС: C_P – стоимость разработки, $C_Э$ – стоимость эксплуатации ЗРС.

Основу научно-методического аппарата решения задачи формирования облика перспективной ЗРС должна составлять система имитационно-математических моделей, описывающих процесс боевого функционирования ЗРС в составе тактической группы ЗРВ при выполнении совокупности боевых задач в прогнозируемых условиях ведения боевых действий (рис. 1).

В общем случае, задача обоснования облика ЗРС нового поколения заключается в нахождении отображения боевых задач, возлагаемых на систему, на варианты их решения с использованием того или иного состава боевых и технических средств, обеспечивающего минимальное значение затрат на разработку $C_P \to min$ в прогнозируемый период времени $T \le T_{доп}$. Каждая задача $z \in Z$ описывается алгоритмом ее решения, который отображает последовательность выполнения функциональных операций обработки информации и принятия решения на обстрел цели. Затем для каждой функциональной операции выбираются возможные средства ее реализации, в качестве которых могут выступать существующие технологии.

Синтез рационального технического облика ЗРС нового поколения должен осуществлять в процессе выполнения комплекса исследований, упорядоченного в виде итерационной процедуры и направленного на решение следующих задач:

1) выявление дефицита функциональных свойств существующих ЗРС, выявление потребности в новых

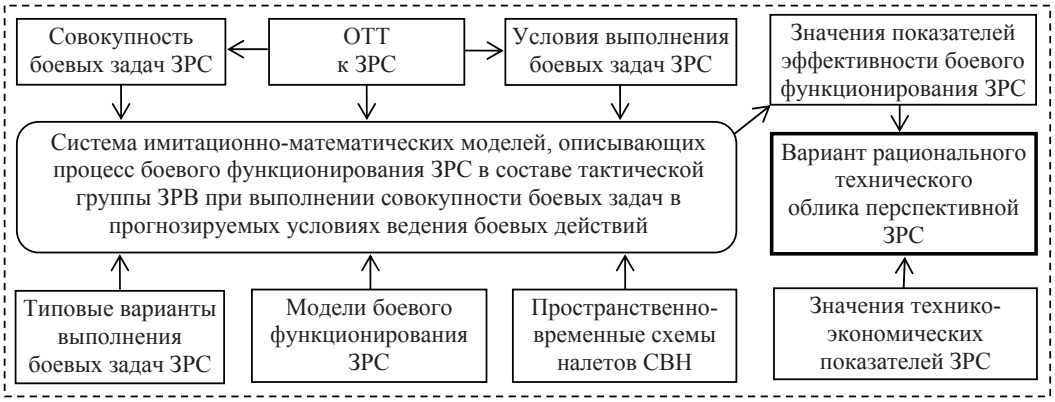


Рис. 1. Схема формирования рационального технического облика ЗРС нового поколения

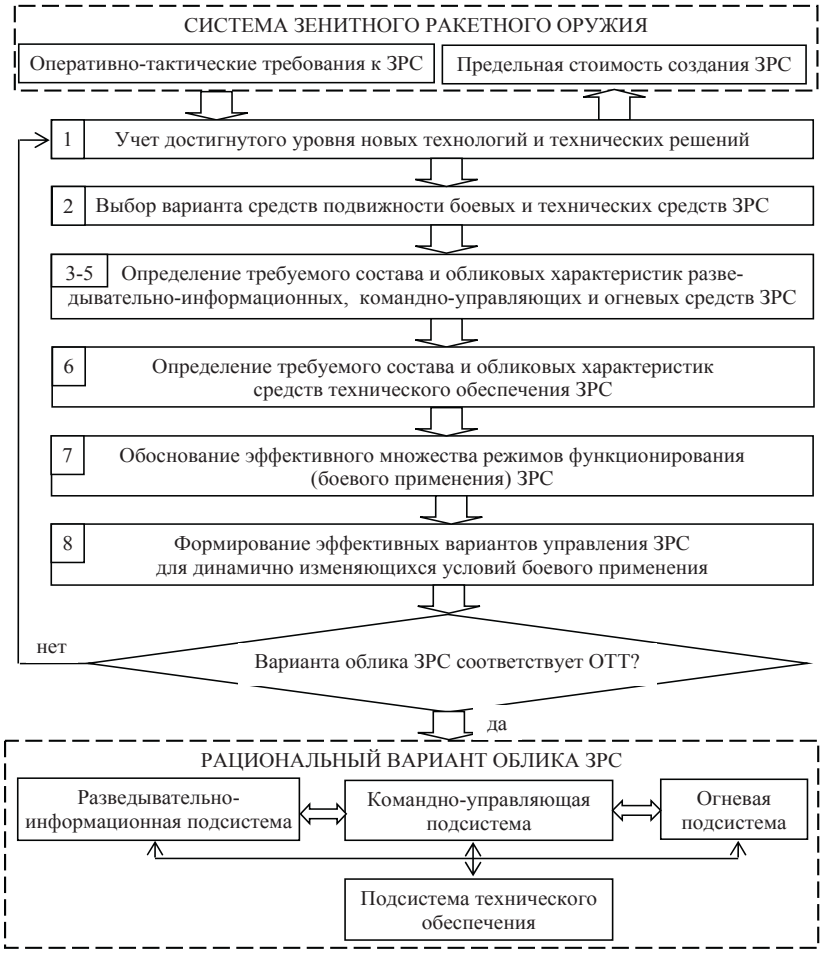


Рис. 2. Алгоритм функционального синтеза облика ЗРС нового поколения

качествах ЗРС на основе исследования функционирования системы зенитного ракетного вооружения на операционных моделях;

2) анализ научно-технического задела и формирование возможных технических путей и способов устранения дефицита функциональных свойств существующих ЗРС;

3) формирование альтернативных вариантов облика ЗРС нового поколения, включая формирование ее функционально-параметрической модели, оптимизация облика ЗРС для различных вариантов ее технической концепции;

4) определение рационального варианта облика и области целевого применения ЗРС в составе группировок ЗРВ совместно с существующими и планируемыми к разработке другими типами зенитного ракетного вооружения, оценка технической реализуемости, критических технологий и рисков создания, ресурсных и временных характеристик;

5) комплексная оценка эффективности ЗРС нового поколения в прогнозируемых условиях ведения боевых действий.

На различных этапах этих исследований ЗРС рассматривается как изделие военной техники конкретного целевого назначения в составе системы зенитного ракетного вооружения вида (рода) войск, при этом решается ряд взаимосвязанных вопросов, суть которых можно свести к трем научным задачам анализа и синтеза облика ЗРС:

1) обоснование основных тактико-технических требований (ОТТТ) к ЗРС;

2) обоснование ТТТ к основным подсистемам (боевым средствам) ЗРС;

3) разработка тактико-технического задания (ТТЗ) на выполнение опытно-конструкторской работы (ОКР) по созданию ЗРС нового поколения.

В ходе решения этих задач осуществляется:

- оценка вариантов построения ЗРС нового поколения по совокупности показателей эффективности и качества;

- оптимизация параметров функциональной, технической и информационной структур ЗРС по критерию «эффективность-стоимость»;

- оптимизация способов применения ЗРС по критерию эффективности.

Процедура формирования рационального технического облика ЗРС нового поколения, включает три последовательных этапа, на которых ЗРС рассматривается позиций выполняемых функций (функциональный синтез), боевых и технических средств, реализующих данные функции (технический синтез) и функциональных систем и конструктивных элементов (конструктивный синтез).

Основной задачей функционального синтеза является обоснование оптимальных состава, структуры и алгоритма функционирования ЗРС. Технический синтез проводится в интересах обоснования оптимальных принципов построения подсистем ЗРС, а конструктивный – оптимизации номенклатуры и технических характеристик комплектующих изделий каждой из подсистем.

На этапе функционального синтеза определяются наиболее важные (с точки зрения решаемых задач) характеристики ЗРС и входящих в ее состав подсистем (рис. 2). Первичные результаты технического и конструктивного синтеза заимствуются из банка данных, полученных при решении задач синтеза ЗРС предыдущего поколения. На данном этапе осуществляется подготовка исходных данных для исследований и обоснование множества типовых условий боевого применения ЗРС, прогнозирование функционально-технического облика СВН как объектов поражения, определение базовых множеств способов и средств огневого поражения СВН разных типов (классов) в прогнозируемых условиях ведения боевых действий, генерация возможных вариантов состава и структуры ЗРС, выбор общего и частных показателей эффективности. Кроме того, выполняются предварительные исследования по оценке эффективности альтернативных вариантов облика ЗРС. Особое место на данном этапе занимает задача обоснования (прогнозирования) функционально-технического облика СВН как объектов поражения в условиях существенной априорной неопределенности.

На втором этапе проводятся функциональный и технический синтезы. При этом первичные результаты конструктивного синтеза заимствуются из соответствующего банка данных. На данном этапе выполняются основные параметрические исследования и получаются зависимости энергетических и неэнергетических характеристик подсистем (боевых и технических средств) ЗРС от выделяемого ресурса (массы, габаритов, энергопотребления) при различных принципах их построения, а также зависимости показателей эффективности ЗРС от его характеристик в диапазоне возможных ограничений.

На третьем этапе проводятся все виды синтеза ЗРС (функциональный, технический и конструктивный), осуществляется построение целевой функции (основного показателя эффективности как функции характеристик ЗРС) и уточняются оптимальные состав, структура, характеристики и алгоритмы функционирования ЗРС с учетом возможности их реализации на конструктивном уровне. Основное внимание на данном этапе должно уделяться получению зависимостей характеристик подсистем и ЗРС в целом от номенклатуры и технических характеристик ее составных частей (комплектующих изделий) при заданных ограничениях. Полученные в результате оптимизации характеристики ЗРС трансформируются в соответствующие ТТТ, которые является основой для разработки ТТЗ на выполнение ОКР по созданию ЗРС.

Особенности задач функционального, технического и конструктивного синтеза ЗРС предопределяют необходимость использования различных критериев оптимизации и методического аппарата для проведения исследований. В частности, функциональный синтез должен проводиться по критерию максимума показателя боевой эффективности ЗРС с использованием методик (моделей), воспроизводящих динамику конфликта ЗРС с совокупностью СВН разных типов в прогнозируемых условиях их боевого применения [9]. Технический и конструктивный синтезы должны выполняться по критерию минимума стоимости создания подсистем (составных частей) ЗРС с заданными характеристиками. Для проведения технического и конструктивного синтеза должны использоваться методики, позволяющие рассчитывать частные показатели эффективности (характеристики) основных боевых и технических средств ЗРС в зависимости от характеристик входящих в их состав функциональных систем (комплектующих изделий).

Основным инструментом реализации описанной процедуры формирования облика ЗРС нового поколения является математическое моделирование, задачей которого является получение оценок эффективности применения существующих и перспективной ЗРС в прогнозируемых условиях в составе системы зенитного ракетного вооружения для выявления дефицитов функциональных свойств и формирования вариантов облика перспективной ЗРС. Результатом данных исследований является получение описания облика ЗРС в виде совокупности количественно-качественных признаков (параметров), характеризующих ЗРС нового поколения с точки зрения функциональных и экономических характеристик, а также показатели боевой эффективности. К таким показателям относятся:

1) признаки (параметры), определяющие внешнюю конфигурацию и топологию ЗРС: типы, количество и массогабаритные характеристики информационно-управляющих, разведывательно-информационных и огневых средств и средств технического обеспечения; функциональные взаимосвязи между элементами ЗРС при решении задач борьбы с заданными типами СВН: предельные (максимальные или минимальные) расстояния между элементами ЗРС при их размещении на местности) организация и структура системы ПВО, в рамках которой осуществляется (будет осуществляться) функционирование и боевое применение ЗРС;

2) признаки, характеризующие прикрываемые объекты: категория и характеристики (дислокация, размеры, степень важности) объектов, ожидаемый наряд ударных сил на прикрываемые объекты;

3) признаки, характеризующие поражаемые СВН: типы целей с указанием их приоритетности; эффективные поверхности рассеяния, характеристики контрастности и собственного излучения целей в диапазонах волн приемопередающих устройств ЗРС; характеристики уязвимости целей; диапазон скорости полета по высотам; максимальная и минимальная высоты боевого применения; типовые варианты боевых действий целей, боевые порядки, виды маневров, перегрузки, углы пикирования;

4) признаки боевой эффективности: требуемая эффективность прикрытия объектов (войск) от ударов

СВН; вероятности поражения одиночных целей одной ЗУР для различных типов целей;

5) признаки огневых средств: параметры зоны поражения применительно к каждому типу используемых ЗУР для различных типов целей;

6) признаки огневой производительности: количество целевых и ракетных каналов; работное время (время от обнаружения цели до момента схода ракеты); время заряжания (перезаряжания) пусковых (пуско-заряжающих) установок (ПУ, ПЗУ); минимальный интервал между пусками ракет; время непрерывной работы средств ЗРС; степень автоматизации процессов управления и использования ЗРС; возможность ведения ЗРС самостоятельных боевых действий; боекомплект ракет (по типам ЗУР); массогабаритные характеристики ПУ, ПЗУ;

7) признаки условий ведения стрельбы: с заранее подготовленных позиций, с полевых позиций, с коротких остановок, в движении;

к) признаки ЗУР: средние скорости ЗУР при стрельбе на дальнюю границу зоны поражения; ограничения по стартовой массе и габаритным размерам.

Каждый признак облика ЗРС множеством конструктивно-компоновочных решений, а технические решения, в свою очередь, определяются вектором геометрических, конструктивных, а, применительно к ЗУР, и баллистических параметров.

Разработка, систематизация и формализованное описание технических решений могут быть проведены на основе анализа состояния и прогнозов развития элементной базы, патентных исследований, опыта проектирования, физических законов, исследований областей применения тех или иных проектных решений.

Выводы.

1. Синтез рационального технического облика ЗРС нового поколения, как изделия военной техники конкретного целевого назначения, представляет собой процесс разработки архитектуры сложной технической системы. Формализация этого процесса должна осуществляться на основе системно-концептуального подхода, исходя из принципов многокритериальности, декомпозиции и итеративности.

2. Существо задачи синтеза рационального технического облика ЗРС нового поколения состоит в нахождении таких состава, структуры и технических характеристик системы и ее основных подсистем, которые обеспечивают экстремальное значение выбранного показателя боевой эффективности при заданных ресурсных ограничениях.

3. Приведенный алгоритм решения задачи синтеза облика ЗРС нового поколения в методологическом плане позволяет поднять уровень обоснованности тактико-технических требований и технических предложений по созданию системы, как изделия военной техник конкретного целевого назначения, структурировать этот процесс в виде последовательности взаимоувязанных процедур, что, в свою очередь, позволит перейти к разработке методик и формализации основных этапов функционального и схемотехнического проектирования ЗРС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ненартович Н.Э. Современные зенитные ракетные системы ПВО и нестратегической ПРО [Электронный ресурс] / Н.Э. Ненартович // Воздушно-космическая оборона. – 2001. – №3 (3). – Режим доступа: http://old.vko.ru/article.asp?pr_sign=archive.2001.3.0103_05.
2. Коровин В.Н. Ракетные комплексы ПВО: тенденции развития [Электронный ресурс] / В.Н. Коровин // Национальная оборона. – 2010. – №12. – Режим доступа: http://old.nationaldefense.ru/1782/1785/index.shtml? id=1789.
3. Болотов Е.Г. Новое поколение зенитных управляемых ракет средней дальности [Электронный ресурс] / Е.Г. Болотов, Б.Я. Мизрохи // Вестник ПВО – 2004. – Режим доступа: http://pvo.guns.ru/book/fakel/new_gen.htm.
4. Гриб Д. А. Основні проблеми і напрями розвитку зенітного ракетного озброєння на тривалу перспективу / Д. А. Гриб, В. В. Лук'янчук, І. М. Ніколаєв // Озброєння та військова техніка.– 2016.–№1 (19).– С. 37-40.
5. Вишнякова Л.В., Карп К.А., Малышев В.В. Формирование облика ЗРС – М.:МАИ, 2003. – 49 с.
6. Вишнякова Л.В., Карп К.А., Малышев В.В. Современные зенитные ракетные системы. Учебное пособие. – Москва: МАИ, 2003.- 28 с.
7. Баскаков В. В. Методологические аспекты обоснования перспективного облика системы вооружения [Электрон. ресурс] / Вестник Академии военных наук. – 2006. – № 2 (15).– С. 116-122. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=9250354
8. Бонин А. С. Боевые свойства и эффективность вооружения и военной техники [Электрон. ресурс] / Военная мысль. – 2005. – № 1.– С. 65-68 / Режим доступа: http://militaryarticle.ru/voennaya-mysl/2005-vm/9478-boevye-svojstva-i-jeffektivnost-vooruzhenija-i
9. Самохвалов Ю. Я. Формирование технического облика автоматизированных систем [Электрон. ресурс] / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко, О. И. Бурба // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – Т. 13, № 3. – С. 51-61. / Режим доступа: http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/50528
10. Балыбин В. А., Баринов С. П, Маевский Ю. Л. Обоснование тактико-технических требований к технике радиоэлектронной борьбы: методологический аспект / Военная мысль. – 2005. – № 9.– С. 16-24.
11. Демидов Б. А., Хмелевская О. А. Методический подход к формированию облика перспективных боевых авиационных комплексов /Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України.– 2010.– № 2 (4).– С. 58-64.
12. Ланецький Б. Структура і тенденції розвитку технологічного базису сучасного зенітного ракетного озброєння середньої та великої дальності / Б. Ланецький, І. Чепков, В. Лук'янчук, І. Ніколаєв //Наука і оборона. – 2013.– № 4.– С. 56-62.

УДК 623.983

А.В. ДЕРЕПА, *доктор технических наук, старший научный сотрудник*

И.В. АВЕРИЧЕВ, *начальник научно-исследовательского отдела*

(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, г. Киев)

О.Г. ЛЕЙКО, *доктор технических наук, профессор*

Д.М. КИЗИМА, *магистрант*

(Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Сикорского», г. Киев)

А.О. СВЯТНЕНКО, *начальник научно-исследовательского отдела*

(Государственное предприятие «Киевский научно-исследовательский институт гидроприборов», г. Киев)

Свойства цилиндрических гидроакустических преобразователей с внутренними податливыми экранами

Приведены аналитические соотношения и на их основе численными методами исследованы свойства механических полей цилиндрических пьезокерамических преобразователей с внутренними акустически мягкими экранами. Установлены в широком диапазоне частот закономерности поведения частотных и угловых зависимостей амплитуд и фаз колебательной скорости от размеров экрана и степени удаления его от центра пьезокерамической оболочки преобразователя.

Ключевые слова: цилиндрический пьезокерамический преобразователь, внутренний экран, излучение звука.

Приведені аналітичні співвідношення та на їх основі чисельними методами досліджені властивості механічних полів циліндричних п'єзокерамічних перетворювачів з внутрішніми акустично м'якими екранами. Встановлені в широкому діапазоні частот закономірності поведінки частотних і кутових залежностей амплітуд і фаз коливальної швидкості від розмірів екрану та віддаленості його від центру п'єзокерамічної оболонки перетворювача.

Ключові слова: циліндричний п'єзокерамічний перетворювач, внутрішній екран, випромінювання звуку.

Создание гидроакустических преобразователей представляет собой длительный технологический процесс, обусловленный сложностью доведения их параметров, в частности, резонансной частоты излучения, до заданных технических требований. Одним из кардинальных путей решения этой проблемы является переход к построению преобразователей с управляемыми параметрами. При этом управление этими параметрами может осуществляться как пассивными, так и активными методами. Применительно к цилиндрическим преобразователям идея пассивного управления их параметрами реализуется путем введения в их состав акустических экранов. Эти экраны могут располагаться как с внешней стороны пьезокерамической оболочки преобразователя, так и во внутренней полости ее, заполненной для этой цели упругой средой. В первом случае расчетное обеспечение проектирования таких преобразователей наиболее полно было разработано в работе [1]. Отдельные вопросы управления параметрами цилиндрических пьезокерамических преобразователей с помощью внешних экранов были предметом изучения в работах [2-4]. Серьезным недостатком рассматриваемого подхода является увеличение габаритных размеров преобразователя за счет наличия акустического экрана.

Этого недостатка лишены цилиндрические преобразователи с внутренними экранами. При их технической реализации возможны несколько подходов, связанных с выбором формы акустических экранов и способом их размещения внутри пьезокерамических оболочек [3]. Форма экранов может быть выполнена либо симметричной, в виде кругового цилиндра [5, 6], либо ассиметричной в виде сектора кругового цилиндра [3, 7]. По размещению экрана внутри пьезокерамической оболочки могут быть выбраны варианты совмещения [3, 5, 6] либо разнесения [3, 7] продольных осей оболочки и экрана. Из физических соображений ясно, что при совпадении продольных осей цилиндрической пьезокерамической оболочки и экрана, экранированный преобразователь имеет радиальную симметрию относительно своей продольной оси. В этом случае в нем может генерироваться при радиально симметрическом электрическомм возбуждении оболочки только нулевая мода ее колебаний. При этом изменяются частотные свойства преобразователя, но остается всестороннее излучение звука, как во внутреннюю, так и во внешнюю среды. Детальное изучение свойств таких преобразователей было выполнено в работах [5, 6, 8, 9]. В случаях выполнения экрана в виде сектора кругового цилиндра и разнесения в пространстве продольных осей пьезокерамической оболочки и экрана при любой его форме гидроакустический преобразователь теряет указанную выше радиальную симметрию колебаний оболочки. В преобразователе с нарушенной симметрией механической колебательной системы, при сохранении радиальной симметрии его электрического нагружения, генерируются последующие за нулевой моды колебаний [3, 10] с большой амплитудой. Естественным следствием их появления является изменение не только частотных, но и направленных свойств таких экранированных

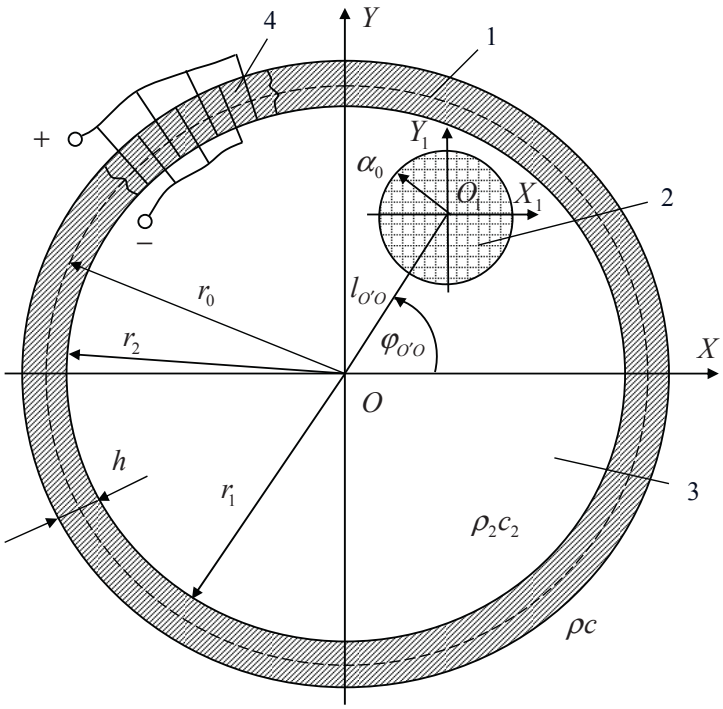


Рис. 1. Нормальное сечение цилиндрического преобразователя с внутренним экраном

цилиндрических преобразователей. Исследованию отдельных аспектов построения таких радиально несимметричных цилиндрических преобразователей были посвящены работы [1, 4, 7, 10, 11].

Целью данной работы является изучение изменений свойств механических полей цилиндрических пьезокерамических преобразователей с внутренними акустическими мягкими цилиндрическими экранами в зависимости от размеров экрана и условий его размещения.

Аналитические соотношения для расчета физических полей. Рассмотрим излучение звука цилиндрическим гидроакустическим преобразователем с несимметрично расположенным внутренним акустическим экраном (рис. 1).

Преобразователь состоит из цилиндрической пьезокерамической оболочки 1 средним радиусом r_0 толщиной h, цилиндрического акустического мягкого экрана 2 внешним радиусом α_0 и жидкости 3, заполняющей внутреннюю полость оболочки 1. Продольные оси оболочки и экрана разнесены на расстояние $l_{OO'}$. Пьезокерамическая оболочка 1 образована из М жестко склеенных между собой электрически параллельно включенных призм 4. На призмы подается гармоническое электрическое напряжение $\psi = \psi_0 e^{-i\omega t}$, где ω – циклическая частота, i – мнимая единица. Преобразователь расположен в середе с плотностью ρ и скоростью звука c, а его внутренняя полость заполнена средой с параметрами $\rho_2 c_2$.

Поставленная задача является частным случаем задачи об излучении звука плоской решеткой, образованной из цилиндрических пьезокерамических преобразователей с внутренними экранами [11]. Для этого случая расчетные формулы для определения физических полей преобразователя приобретают следующий вид.

Механическое поле рассчитывается согласно выражений:

$$u = \sum_n u_n e^{in\varphi}; \quad w = \sum_n w_n e^{in\varphi},$$

где u и w – окружная и радиальная составляющие вектора смещений точек срединной поверхности пьезокерамической оболочки преобразователя.

Для определения акустических полей вне и внутри преобразователя используются соответственно выражения:

$$\Phi_I(r,\varphi) = \sum_n A_n H_n^{(1)}(kr) e^{in\varphi};$$

$$\Phi_{II}(r,\varphi) = \sum_m \sum_n C_m J_{m-n}(k_2 l_{O'O}) e^{i(m-n)\varphi_{O'O}} e^{in\varphi} \left[J_n(k_2 r) - \frac{J_m(k_2\alpha_0)}{N_m(k_2\alpha_0)} N_n(k_2 r) \right].$$

Параметры электрического поля преобразователя рассчитываются по формулам:

напряженность электрического поля: $E_\varphi = -\dfrac{\psi_0 M}{2\pi r_0}$;

электрический ток возбуждения:

$$J = -i\omega S_{эл} \left\{ \varepsilon_{33}^0 \frac{\psi_0 M^2}{2\pi r_0} + \frac{e_{33}}{r_0} \sum_{j=1}^{M} \left[\sum_n inu_n e^{\frac{in2\pi}{M} j} + \sum_n w_n e^{\frac{in2\pi}{M} j} \right] \right\}.$$

Неизвестные коэффициенты u_n, w_n, A_n, C_n определяются в результате решения бесконечной системы линейных алгебраических уравнений:

$$w_n = \frac{1}{ic_2} \sum_m C_m J_{m-n}(k_2 l_{O'O}) e^{i(m-n)\varphi_{O'O}} \Delta'_{nm}(k_2 r_2);$$

$$R_\vartheta w_\vartheta + \frac{\alpha}{h} i\omega \left[\rho A_\vartheta H_\vartheta(kr_1) - \rho_2 \sum_m C_m J_m(kl_{O'O}) e^{i(m-n)\varphi_{O'O}} \Delta_{\vartheta m}(k_2 r_2) \right] =$$

$$= \frac{e_{33}}{C_{33}^E} \frac{\psi_0 M}{4\pi^2} Q_\vartheta;$$

$$n = -\infty, u, \infty; \quad \vartheta = -\infty, \varphi, \infty.$$

Здесь $\Delta_{nm} = J_n(k_2 r_2) - \dfrac{J_m(k_2\alpha_0)}{N_m(k_2\alpha_0)} N_m(k_2 r_2);$

$Q_\vartheta = \int\limits_0^{2\pi} e^{i\vartheta\varphi} d\varphi;$

„штрих" означает производную функций.

Анализ результатов расчетов механических полей.

Используя приведенные аналитические соотношения, изучим свойства механических полей цилиндрических пьезокерамических преобразователей с внутренними акустически мягкими экранами в зависимости от размеров экрана и степени удаленности его от центра преобразователя.

При этом обратим внимание на ряд физических обстоятельств, существенно влияющих на формирование механических полей исследуемого преобразователя.

Первое из них связано с тем, что при заданном способе электрического возбуждения преобразователя его электрическое поле является радиально симметричным. В этом случае в механическом поле пьезокерамической оболочки преобразователя возбуждается только одна собственная форма колебаний – нулевая и она имеет один собственный резонанс.

Второе обстоятельство обусловлено тем, что несоосное размещение во внутренней полости пьезокерамической оболочки цилиндрического акустического экрана нарушает радиальную симметрию преобразователя. В системе с нарушенной симметрией появляются последующие моды, амплитуды колебательных скоростей которых сопоставимы с амплитудой скорости нулевой моды [3, 10]. Это свидетельствует о том, что энергия, «закачиваемая» в преобразователь на нулевой моде, в его механическом поле перераспределяется между всеми формами колебаний преобразователя и одномодовый преобразователь превращается в многомодовый.

Третье обстоятельство сопряжено с наличием упругой среды во внутренней полости пьезокерамической оболочки и наличием зазора между оболочкой и экраном. В этом случае звуковая энергия, излучаемая внутренней поверхностью пьезокерамической оболочки в зазор начинает играть существенную роль [3] в формировании механического поля преобразователя. Поскольку в рассматриваемом случае величина зазора между оболочкой и экраном непрерывно изменяется, то и ее роль в формировании этого поля на разных участках зазора будет разной. На участках с относительно малыми волновыми размерами зазора влияние зазора мало. Наиболее существенные изменения зазора происходит на тех его участках, где волновая ширина зазора $\dfrac{2(r_0 - h - \alpha_0)}{\lambda}$, близка к величине 0,25. При этом на этих участках зазора возникает стоячая волна, которая является результатом взаимодействия прямой волны, излученной пьезокерамической оболочкой во внутреннюю полость, и волны, отраженной от экрана. Следствием этого является резкое повышение звукового давления на этом участке. Такое поведение соответствует резонансным явлениям, имеющим место в своеобразном механическом контуре, образованном механическими параметрами зазора и присоединенной массы среды на внешней поверхности преобразователя [3]. Описанные явления должны найти отображения на частотных характеристиках амплитуд и фаз колебательной скорости основной возбуждающей моды – нулевой моды колебаний. Для подтверждения правильности этих качественных рассуждений выполним численные эксперименты и проведем анализ их результатов.

Вычисления параметров полей производились для следующих параметров преобразователей: $r_0 = 0{,}068\,м$; $h_0 = 0{,}008\ м$; $M = 48$; $\alpha_0 = 0{,}2\,r_0,\ 0{,}5\,r_0,\ 0{,}9\,r_0$; $\varphi_{O'O} = 30°$; $\psi_0 = 200\,В$; $\rho c = \rho_2 c_2 = 1{,}5\cdot 10^6\,кг/м^2 c$; $r_0 - \alpha_0 - l_{O'O} = 0{,}003\,м$.

Расчеты частотных зависимостей амплитуд и фаз колебательной скорости выполнялись в точке с координатами (0,072 м; 30°). При этом минимальное расстояние между внешней поверхностью экрана и внутренней поверхностью пьезокерамической оболочки сохранялось постоянным.

Анализ кривых рис. 2 позволяет установить следующее. Во-первых, амплитуды колебательных скоростей некоторых из вновь генерируемых мод сравнимы с амплитудой скорости нулевой моды.

Поскольку при радиальной симметрии электрического нагружения преобразователя электрическая энергия в цилиндрическом пьезокерамическом преобразователе преобразуется в механическую только на нулевой моде его колебаний, это значит, что идет ее эффективное перераспределение между последующими модами колебаний преобразователя. Во-вторых, количество мод, эффективно «отсасывающих» энергию из нулевой моды, и распределение амплитуд их колебательных скоростей по частотам зависят от размеров экрана и степени удаленности его от центра пьезокерамической оболочки. При малых размерах экрана $\alpha_0 = 0{,}2\,r_0$ и больших расстояний $l_{O'O}$ (рис. 2 а) количество вновь генерируемых мод наибольшее, амплитуды их колебательных скоростей сравнимы или существенно превышают амплитуду скорости нулевой моды. При этом большинство механических резонансов, генерируемых этими модами, сосредотачивается в низкочастотной области, а значения их частот в (2-3) раза меньше основной резонансной частоты пьезокерамической оболочки преобразователя. Нулевая мода сохраняет неизменной свою резонансную частоту, а на ее зависимости. На этой зависимости в области низких частот появляется новый дополнительный резонансный выброс. Этот выброс возникает в области частот, для которых размер зазора близок к 0,25 соответствующей им длины волны в среде, заполняющей внутреннюю полость преобразователя.

Очевидно, он обусловлен взаимодействием прямых волн, излученных в области этих частот внутренней поверхностью пьезокерамической оболочки преобразователя, и волн, отраженных на этих частотах внутренним экраном.

Этот вывод подтверждается тем, что при $\alpha_0 = 0{,}3\,r_0$ дополнительный резонанс нулевой моды перемещается в область частот, близких к 6,5 *кГц*, а при дальнейшем увеличении $\alpha_0 = 0{,}5\,r_0$ – в область частот 11-12 кГц.

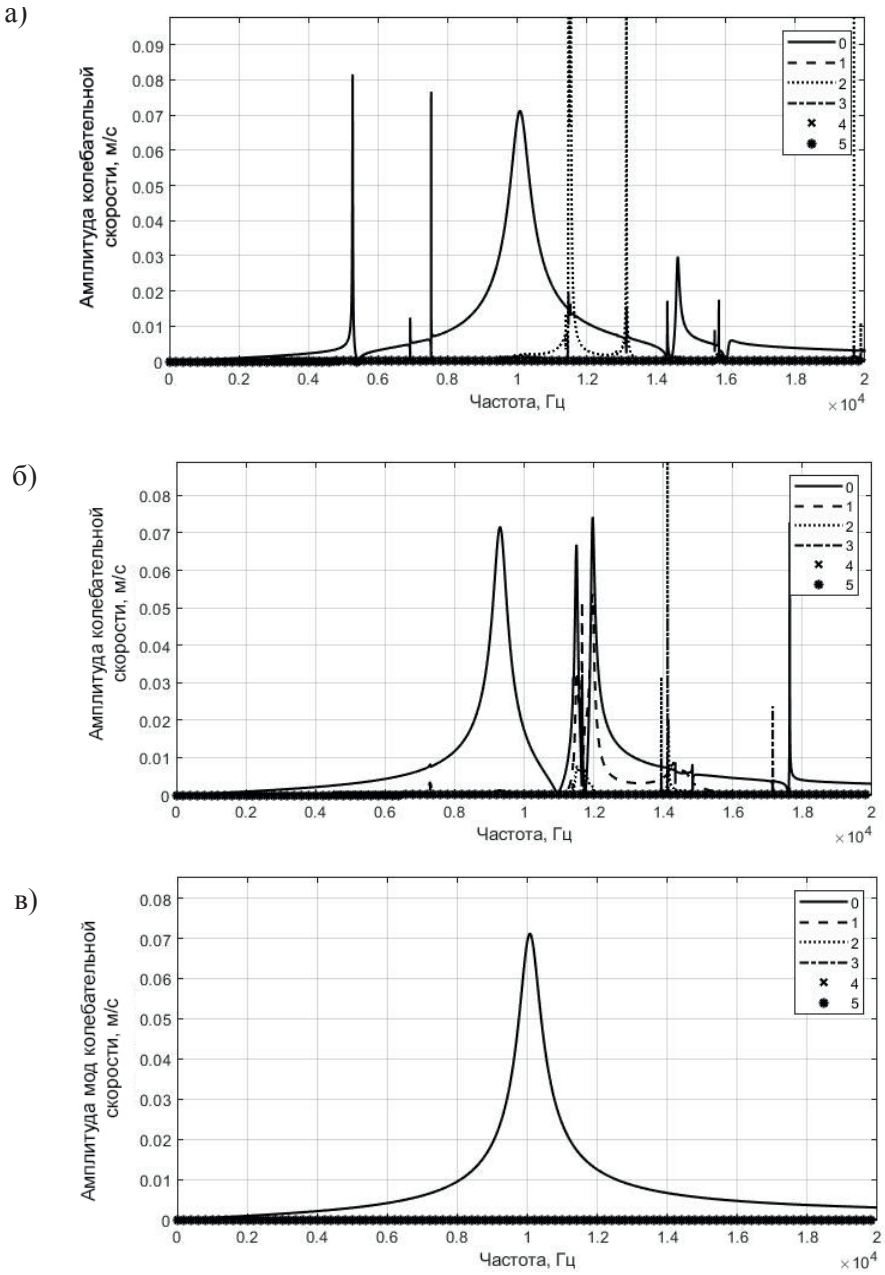


Рис. 2. Частотные зависимости амплитуд колебательных скоростей преобразователя для размеров экрана $\alpha_0 = 0,2\, r_0$ (а); $\alpha_0 = 0,5\, r_0$ (б); $\alpha_0 = 0,9\, r_0$ (в)

Увеличение размеров экрана до величины $\alpha_0 = 0,5\, r_0$ существенно (рис. 2 б) изменяет установленные выше закономерности. Моды, формирующие механические резонансы в низкочастотной области, исчезают. Дополнительные механические резонансы сосредотачиваются в резонансной (8-14 *кГц*) и высокочастотной (14-20 *кГц*) областях, а амплитуды их колебательных скоростей сравниваются с амплитудой скорости нулевой моды. При этом частотная зависимость амплитуды колебательной скорости нулевой моды в резонансной области существенным образом изменяет свою форму. Ее собственная резонансная частота снижается. Это обусловлено тем, что при акустически мягком экране и слабом проявлении упругих свойств жидкости в зазоре изменение объема жидкости в нем происходит за счет перемещения слоя жидкости практически как единого целого [3]. Следствием этого является массовый характер реакции жидкости в слое на движение пьезокерамической оболочки, что является причиной некоторого снижения ее собственной резонансной частоты. Это демонстрирует резонансная кривая на рис. 2 б. О физических причинах появления новых резонансных частот нулевой моды колебаний пьезокерамической оболочки говорилось выше. Кроме механических резонансов нулевой моды колебаний в резонансной и высокочастотной областях возникают механические резонансы,

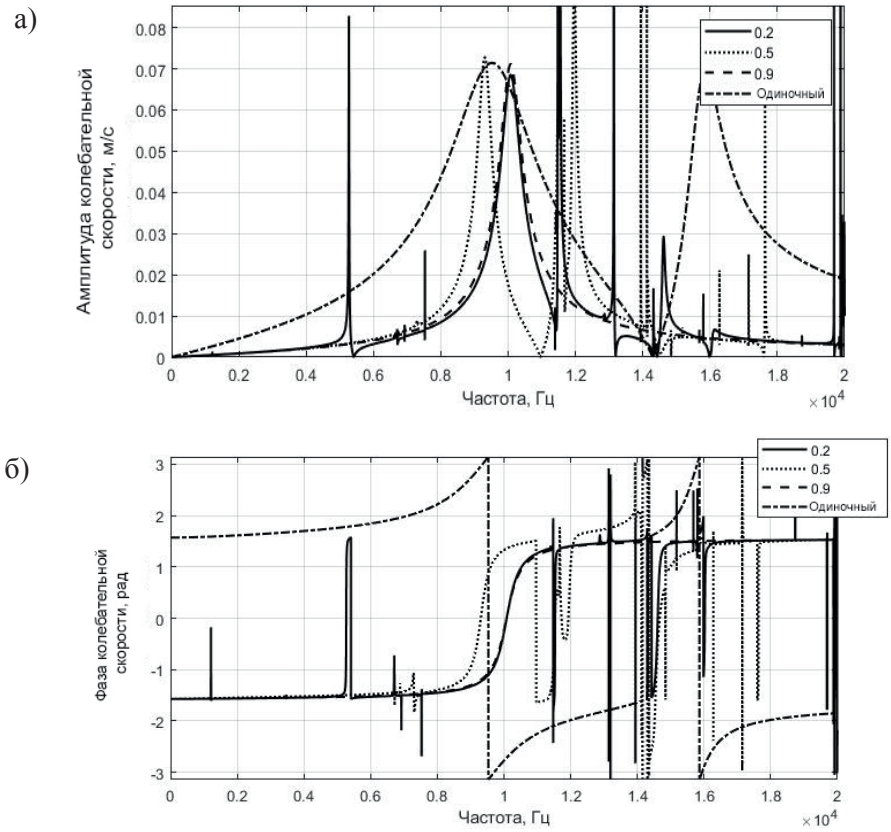


Рис. 3. Частотные зависимости амплитуд (а) и фаз (б) колебательных скоростей с экранами разных размеров $\alpha_0 = 0,2\,r_0$; $\alpha_0 = 0,5\,r_0$; $\alpha_0 = 0,9\,r_0$ и без экрана

обусловленные вновь генерируемыми модами колебаний, следующими за нулевой модой.

Дальнейшее увеличение размеров акустического экрана до $\alpha_0 = 0,9\,r_0$ и выше сопровождается (рис. 2 в) потерей как дополнительных резонансов нулевой моды пьезокерамической оболочки, так и генерации новых более высоких мод колебаний. При этом влияние зазора падает, а упругие свойства жидкости в нем начинают проявляться, что сопровождается небольшим повышением собственной резонансной частоты пьезокерамической оболочки и преобразователя в целом.

Приведенные выше результаты по частотным зависимостям колебательных скоростей модовых составляющих механического поля естественным образом определяют и частотную зависимость полной колебательной скорости преобразователя.

Анализ графиков рис. 3 позволяет установить следующие закономерности. В отсутствие экрана частная зависимость колебательной скорости преобразователя представляет собой двухрезонансную кривую. Ее первый резонанс определяется собственным резонансом керамической оболочки, второй – резонансом объема жидкости во внутренней полости оболочки.

Введение в состав преобразователя акустически мягкого несимметрично расположенного цилиндрического экрана полностью изменяет описанные выше частные зависимости амплитуд и фаз преобразователя. При этом принципиально важную роль приобретают размеры экрана и степень удаления его от центра преобразователя. При малых размерах экрана ($\alpha_0 = 0,2\,r_0$) и максимально возможном удалении его от центра преобразователя спектр собственных частот преобразователя существенно обогащается и сильно расширяется как в область низких, так и высоких частот. О том, что все эти частоты относятся к резонансным, свидетельствует фазочастотная характеристика (рис. 3 б) преобразователя. Особенно интересным для практики является генерация механических резонансов преобразователя без изменения его размеров в низкочастотной области со значениями частот, в 2-8 раз меньше значения собственной резонансной частоты пьезокерамической оболочки. При этом амплитуды колебательных скоростей преобразователя на этих вновь генерируемых резонансах сравнимы, а в ряде случаев превышают амплитуду скорости колебаний на собственном резонансе оболочки, хотя области их резонансных частот значительно сужаются по сравнению с последней.

Увеличение размеров экрана ($\alpha_0 = 0,5\,r_0$) и сопряженное с ним уменьшение степени нарушения радиальной симметрии преобразователя сопровождается вначале резким сокращением количества вновь генерируемых механических резонансов в низкочастотной области и увеличением их количества в резонансной и высокочастотной областях. При дальнейшем увеличении

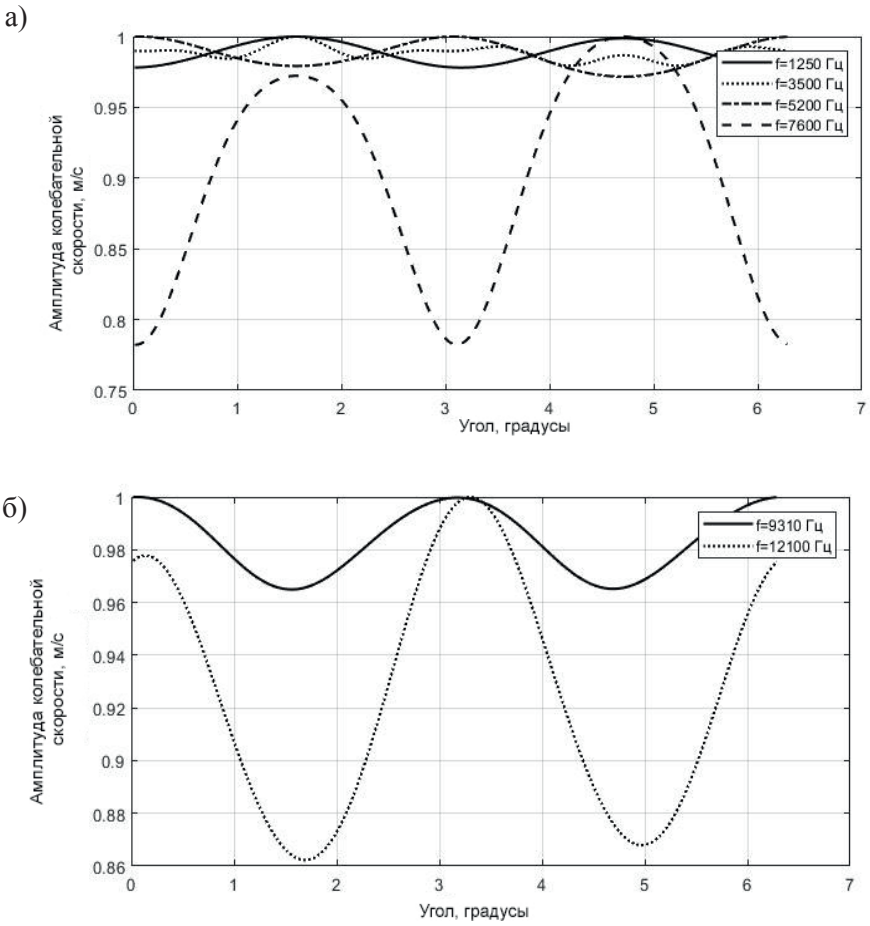


Рис. 3. Угловые распределения амплитуд колебательной скорости преобразователя с внутренним экраном разных размеров с экранами разных размеров $\alpha_0 = 0,2\, r_0$ (а); $\alpha_0 = 0,5\, r_0$ (б) на разных частотах

размеров экрана ($\alpha_0 = 0,9\, r_0$) преобразователь с внутренним экраном теряет способность генерирования дополнительных механических резонансов, а его частотные характеристики приближаются к частотным характеристикам пьезокерамической оболочки преобразователя в вакууме.

Сопоставление между собой графиков рис. 2 и 3 позволяет сделать вывод, что резонансы полной колебательной скорости преобразователя с экраном образованы механическими резонансами как нулевой моды колебаний его пьезокерамической оболочки, так и вновь генерируемых мод. При этом эффективность преобразователя с экраном в резонансной области 8-12 *кГц* практически не зависит от размеров экрана.

Определим теперь особенности углового распределения колебательной скорости на поверхности преобразователя с внутренним экраном. Прежде всего заметим, что при радиальной симметрии электрического возбуждения и схемы построения преобразователя с экраном распределение амплитуд и фаз его колебательной скорости по поверхности преобразователя является однородным, поскольку в нем возбуждается только нулевая мода колебаний. Нарушение симметрии построения преобразователя, приводящее к генерации последующих за нулевой мод колебаний и появление на отдельных участках внутреннего объема преобразователя стоячих волн, создает физические причины возникновения неоднородности углового распределения колебательных скоростей. При этом в разных частотных диапазонах эта неоднородность будет разной, поскольку она зависит от степени потери радиальной симметричности схемой построения преобразователя. Последняя определяется размерами внутреннего экрана и его удалением от центра симметрии пьезокерамической оболочки. Анализ кривых рис. 4 показывает, что наибольшей угловой неоднородностью распределения колебательной скорости характеризуются преобразователи с малыми экранами и большим их удалением от центра преобразователя (рис. 4 а). Причем эта неоднородность сохраняется во всем исследуемом частотном диапазоне. По мере увеличения размеров экрана и уменьшения расстояния между продольными осями экрана и оболочки (рис. 4 б), неоднородность углового распределения колебательной скорости в низкочастотной области практически исчезает, перемещаясь в резонансный и высокочастотный диапазоны.

При больших размерах экрана ($\alpha_0 = 0,9\, r_0$) распределение колебательной скорости по поверхности

преобразователя с экраном становится практически однородным во всем исследуемом частном диапазоне.

Выводы.

Установлено, что несимметричное размещение акустически мягкого экрана во внутренней полости гидроакустического цилиндрического пьезокерамического преобразователя с целью уменьшения его габаритных размеров и учете связанности физических полей преобразователя при излучении звука, является причиной возникновения ряда физических эффектов. К ним относятся генерация последующих за нулевой мод колебаний и возникновение на отдельных участках внутреннего объема преобразователя с экраном стоячих волн. Выполнен большой объем численных экспериментов и произведен анализ количественной оценки влияния этих эффектов на свойства механических полей исследуемых преобразователей. Установлено, что размер экрана и степень удаления его от центра преобразователя по-разному влияют на частотные и угловые характеристики колебательной скорости преобразователя в различных частотных диапазонах. При малых волновых размерах экрана и больших удалениях экрана от центра преобразователя спектр его собственных резонансных частот существенно расширяется и, что особенно интересно, в основном в сторону низких частот, более чем в 3 раза ниже собственной резонансной частоты пьезокерамической оболочки преобразователя. Увеличение волновых размеров экрана сопровождается сначала исчезновением собственных дополнительных механических резонансов в низкочастотной области и перемещением их в резонансную и высокочастотную области, а при размерах, близких к внутреннему размеру пьезокерамической оболочки - полной потерей многомодовости преобразователя. Установленные эффекты свидетельствуют о возможностях управления параметрами гидроакустических цилиндрических пьезокерамических преобразователей при их создании с помощью выбора внутренних экранов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусак З. Т. Излучение гидроакустических сигналов цилиндрическими пьезокерамическими преобразователями с экранами: дис. канд. техн. наук : 05.09.08 / З. Т. Гусак. – К., 2017. – 270 с.
2. Лейко А. Г. Подводные акустическая аппаратура и устройства. Т.1. Подводные акустические антенны / А. Г. Лейко, Ю. Е. Шамарин, В. П. Ткаченко. – К. : Аванпостприм, 2000. – 320 с.
3. Гринченко В. Т. Волновые задачи акустики: монография / В. Т. Гринченко, И. В. Вовк, В. Т. Мацыпура. – К. : Интерсервис, 2013. – 572 с.
4. Гринченко В. Т. Волновые задачи рассеяния звука на упругих оболочках / В. Т. Гринченко, И. В. Вовк. – К. : Наукова думка, 1986. – 240 с.
5. Меленко Ю.Я. Об одном подходе к построению круговых цилиндрических пьезокерамических преобразователей // Электроника и связь. 2012 – №2 – С.36-40.
6. Меленко Ю.Я. Об одном из путей управления резонансной частотой круговых цилиндрических преобразователей // Электроника и связь. 2013 – №2 – С.63-68.
7. Вовк И. В. Излучение звука заполненной жидкостью пьезокерамической оболочкой с несимметричной внутренней вставкой / И. В. Вовк, В. Т. Гринченко // Акустический журнал. – 1994 – Т.40 – №2 – С. 220-224.
8. Меленко Ю.Я. Свойства цилиндрического пьезокерамического излучателя с упругой цилиндрической оболочкой во внутренней полости // Электроника и связь. 2013 – №1 – С.59-64.
9. Меленко Ю.Я. Акустические свойства цилиндрического пьезокерамического излучателя разгруженной конструкции // Электроника и связь. 2014 – №3 – С.101-105.
10. Гусак З. Т. О частотных характеристиках электрических полей цилиндрической пьезокерамической антенны с экраном в виде незамкнутого кольцевого слоя / З. Т. Гусак, А. Г. Лейко // Журнал нано- та електронної фізики. – 2016. – Т.8. №1, 01029 – с. 1-6.
11. Лейко А. Г. Физические поля направленных гидроакустических антенн на основе цилиндрических излучателей с внутренними экранами / А. Г. Лейко, А. О. Святненко // Электроника и связь, 2017 – №6 – С. 62-73.

Стаття надійшла до редакції 19.10.2018 р.

Рецензент О. В. Коржик, д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Сікорського»)

УДК 623[681.7(544.723+666.1.001.5)]

С.В. ПОТАПЕНКО,
інженер конструктор-технолог оптико-електронної апаратури, приватний підприємець
(м. Ізюм Харківська область)

Осушувальні пристрої в оптико-електронних приладах військового призначення

Наведені результати аналізу застосовування різних конструкторських-технологічних рішень осушення оптико-електронної апаратури військового призначення, розглянуті існуючі проблеми щодо відновлення виробництва раніше освоєних осушувальних пристроїв на основі пористих матеріалів, запропоновані обґрунтовані позначення пористих матеріалів в нормативно-технічній та конструкторській-технологічній документації.

Ключові слова: ураження вологою; корозія; деградація; осушення; пористі матеріали; натрій-бор-силікатне скло, ліквація; хімічне травлення, вилуговування; осушувальні пристрої; оптико-електроні прилади військового призначення.

Приведены результаты анализа применения различных конструкторско-технологических решений осушения оптико-электронной аппаратуры военного назначения, рассмотрены существующие проблемы по восстановлению производства ранее освоенных осушаемых устройств на основе пористых материалов, предложены обоснованные обозначения пористых материалов в нормативно-технической и конструкторско-технологической документации.

Ключевые слова: поражение влажностью; коррозия; деградация; осушение; пористые материалы; натрий-бор-силикатное стекло; ликвация; химическое травление; выщелачивание; осушительные устройства; оптико-электронные приборы военного назначения.

Оптичні та електронні прилади військового призначення експлуатуються в різних умовах помірного, холодного та тропічного клімату, які значно відрізняються температурним режимом та вологістю, що відповідним чином впливає на надійність апаратури.

Незалежно від розміру виробів вологість вражає робочі поверхні та об'єми, призводить до корозії металів, псування оптичного скла, деградації інших матеріалів, зменшує фізичний термін експлуатації. У разі ураження вологістю в порожнинах апаратури виникає агресивне хімічне та біологічне середовище, під дією якого є імовірною втрата працездатності її найбільш важливих компонентів.

Особливо схильні до вологості візири, перископи, монітори, відеотехніка, прилади розпізнавання, прицілювання, наведення, управління тощо. На склі приладів у разі обігріву їх внутрішнього об'єму утворюється туман або конденсат, які здатні багаторазово звузити сектор та дальність спостереження [3].

З самого початку операції Об'єднаних сил на сході України з боку військових формувань почастішали скарги щодо невідповідності оптико-електронної апаратури технічним умовам експлуатації у зв'язку з її надмірним запотіванням. Той факт, що наслідки цього явища не вдалося усунути безпосередньо у бойових умовах, дозволяє припустити:

або недостатню укомплектованість військової техніки необхідними запасними частинами, інструментами та пристосуваннями, у тому числі осушувальними пристроями;

або відсутність у військових фахівців відповідної практики щодо технічної експлуатації оптико-електронних приладів.

Невипадково, їх претензії не містять вказівок на істині причини запотівання оптичних та електронних приладів.

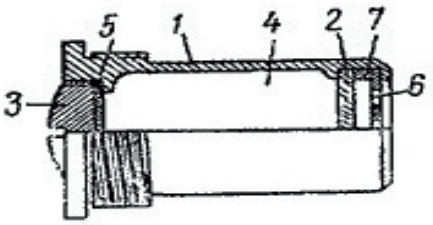
У той же час у технічних описах та інструкціях щодо експлуатації бойових машин повсюдно зазначено, що осушувальні пристрої встановлюються на оптико-електронних приладах з метою поглинання вологи всередині та перешкоджанню її надмірного скупчення на внутрішніх скляних і металевих елементах при зміні навколишніх умов.

Тому принципово важливо у комплекті запасних частин та інструменту мати в наявності запасні (нові або регенеровані) осушувальні пристрої та спеціальні ключі для їх заміни.

Так, наприклад, зникнення та поява спалахів і миготіння зображення на приладі нічного спостереженні дуже часто пов'язані з потраплянням вологи на електронно-оптичний перетворювач. У такому випадку слід негайно вимкнути електроживлення апаратури, викрутити всі осушувальні пристрої та змінити їх на запасні в достатній кількості, після чого через деякий час включити прилад знов.

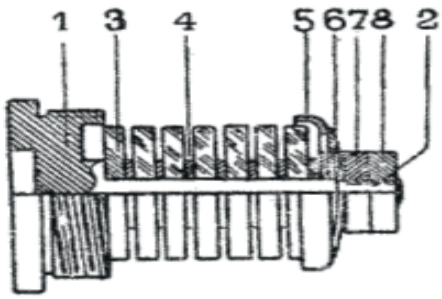
Технічна проблема, що розглядається у даній статті, має давню та тривалу історію.

Ще в 1943 році молодий співробітник Ленінградського оптико-механічного заводу Валентин Лукич Ченакал



1 - металева гільза;
2 - пористий елемент з пористого скла;
3 - пробка;
4 - внутрішній простір гільзи, заповнений порошковим сорбентом або алюмогелем;
5 - гумова прокладка;
6 - металева сітка;
7 - прокладне кільце

Рис. 1. Загальний вигляд та принцип влаштування патрону для осушування В.Л. Ченакала із застосуванням порошкового та твердого сорбентів



1 - металева основа;
2 - металевий штифт;
3 - пластини з пористого скла;
4 - металеві прокладки;
5 - сітчастий ковпачок;
6 - пружина;
7 - кріпильна гайка;
8 - контргайка

Рис. 2. Загальний вигляд та принцип влаштування патрону для осушування В.Л. Ченакала із застосуванням твердого сорбенту

зареєстрував у Наркоматі озброєння два винаходи (авторські свідоцтва №65594 та №67840) [1, 2] на патрони для осушування оптичних приладів, які засновані на властивостях адсорбції і абсорбції порошкових та твердих сорбентів, у тому числі пористого скла (рис. 1, 2).

Саме у застосуванні пористого скла, яке на відміну від усіх інших відомих адсорбентів та абсорбентів є масивною, твердою та міцною речовиною, що не розбухає і не опливає при насиченні її вологою та придатне для регенерації, полягає новизна і ефект даних винаходів. У деяких випадках при осушенні невеликих об'ємів цілком можна обійтися навіть без силікагелю – досить декількох пластин з пористого скла. Ця важлива особливість зумовила повсюдне використання патронів Ченакала для осушування оптичних приладів [1, 2].

Пористе скло являє собою скляний матеріал з пористою структурою, який є результатом хімічного або послідовного термічного та хімічного оброблення скла особливого складу. У такому склі одна фаза є хімічно малостійкою і здатна до руйнування та вимивання при впливі відповідного хімічного розчинника [3, 15, 17].

Для отримання пористого скла у якості заготовки використовується трьохкомпоненте двофазне натрій-бор-силікатне скло з відповідним співвідношенням оксиду натрію (Na_2O), оксиду бора (B_2O_3) та діоксиду кремнію (SiO_2) [18].

Наявність трьох хімічних компонентів забезпечує побудову взаємо проникаючих каркасів двох склоутворюючих фаз бора та кремнію. Діоксид кремнію створює безперервний хімічно стійкий кварцовий каркас, а оксид бора – хімічно нестійкий каркас у вигляді лужного з'єднання, яке реагує з кислотами [15, 16, 18], наприклад:

$$Na_2B_4O_7 + 2HCl + 5H_2O = 2NaCl + 4H_3BO_3 \qquad (1)$$

Для виготовлення виробів із пористого скла застосовують заготовки із скла ДВ-1, К-8, ОФ-1 з відповідною часткою хімічних компонентів оксиду натрію (Na_2O), оксиду бору (B_2O_3) та діоксиду кремнію (SiO_2), що наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Тип скла	Синтетичний хімічний склад, вагова частина хімічних компонентів, %		
	Na_2O	B_2O_3	SiO_2
Спеціальне скло			
ДВ-1	7	27	66
Оптичне скло			
К-8	10	12	69
ОФ-1	3	20	48

Виготовлення пористого скла можливо двома технологічним способами: без спеціальної термічної обробки зазначених заготовок або з їх спеціальною термічною обробкою [7, 15, 16].

Перший з них полягає в тому, що натрій-бор-силікатна заготовка обробляється кислотою у процесі операції хімічного травлення, в результаті якої виходить пористе скло з однорідними мікро-порами розміром близько 10 нм (рис. 3).

Такі світлопрозорі пористі матеріали застосовуються, наприклад, в осушувальних пристроях аерокосмічного базування [10].

При другому способі натрій-бор-силікатна заготовка шляхом спеціальної термічної обробки піддається ліквації, а потім на операції хімічного травлення

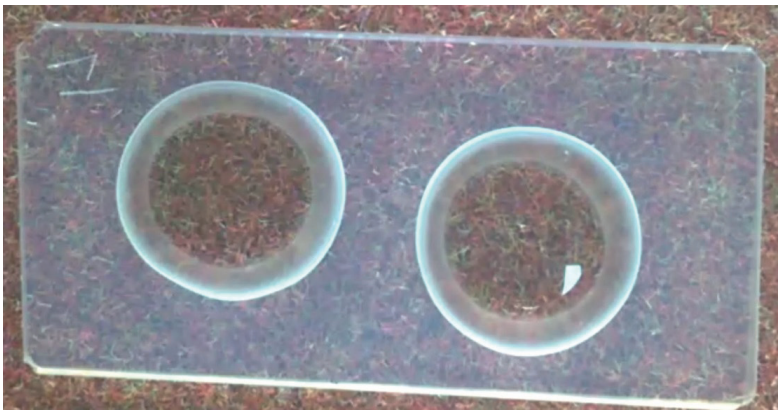


Рис. 3. Процесс поглинання вологи світопрозорим пористим склом, виготовленим за технологією хімічного травлення без попередньої спеціальної термічної обробки

обробляється кислотою, в результаті чого можна отримати пористе скло з однорідними макро-порами за розміром більш 100 нм [6, 7, 14].

Але дана технологія виготовлення пористого скла з макро-порами є дуже тонкою. В одних випадках хімічне травлення натрій-бор-силікатного скла непрозорого білого кольору з явними ознаками ліквації (тобто спеціально термічно обробленого) дійсно призводить до отримання пористого скла, в інших – заготовки набувають хімічну стійкість до вилуговування у зв'язку з утворенням ізольованих включень боратної фази, які відмінні від хімічного з'єднання $Na_2B_4O_7$ (тетраборат натрію), наведеного у формулі (1) [3, 4, 5, 11].

Такі несвітлопрозорі пористі матеріали використовуються, як правило, в осушувальних пристроях наземного і морського базування, наприклад, в бойових броньованих машинах [5, 11].

На підставі викладеного можна констатувати, що ступень прозорості пористого скла багато в чому залежить від розмірів пор: світлопрозорі скляні матеріали мають мікро-пори до 10 нм, несвітлопрозорі – макропори понад 100 нм. Тобто зі збільшенням величини пор непрозорість скла зростає. Отримати світлопрозорий скляний матеріал з макро-порами практично неможливо [11].

На початку 90-х років минулого століття на заводі «Червоний Гігант» у місті Никольск (Пензенська область Російської Федерації) за замовленням Державного оптичного інституту ім. С.І. Вавилова на основі спеціального скла ДВ-1 вдалося виробити велику промислову партію двофазного натрій-бор-силікатного скла, придатного для виготовлення пористого скляного матеріалу з порами розміром більше 100 нм (рис. 4).

Скло ДВ-1 является світлопрозорим скляним матеріалом, схильним до ліквації та поділу на дві скляні фази і при спеціальному термічному обробленні здатним бути заготовкою для виробництва пористого скла. Максимальний типорозмір серійно освоєної заготовки при прийнятному виході придатних виробів – диск 45 х 4 мм або 40 х 4 мм. В результаті ліквації, як показано на рисунку 4, скло набуває непрозорий молочний колір, відповідний кольору мінерального складу бури, бораксу, тинкалу, керніту. Після такого спеціального

Рис.4. Заготовки, призначені для отримання пористого скла з порами розміром більше 100 нм в упакованому та неупакованому вигляді

Рис. 5. Несвітопрозоре пористе скло ПС-1-Ш з макро-порами понад 100 нм, виготовленне способом хімічного травлення заготовок ДВ-1-Ш

термічного оброблення склу ДВ-1 присвоюється позначення ДВ-1-Ш.

Але не вдалося досягнути стабільних обсягів виробництва пористого скла з використанням спеціального скла ДВ-1з наступних причин:

режими термічної та хімічної обробки виявилися експериментальними і остаточно не визначеними;

в зв'язку з тривалістю і дорожнечею технологічна постановка на виробництво пористих елементів не проводилася, більшість підприємств оптичного приладобудування обмежилися дослідно-експериментальними роботами в лабораторних умовах на дискретних партіях;

контроль якості вимагає перевіркі кожного виробу вручну;

вихід придатних виробів є невиправдано низким (таблиця 2).

Таблиця 2

Типорозміри заготовки, мм		
45 x 45 x 4	65 x 65 x 6	100 x 100 x 10
Фактичний вихід придатних пористих виробів, %		
80	40	10

Таким чином жодне із нижчезазначених проектно-контструкторско-технологічних завдань з виробництва пористого скла для осушувальних пристроїв оптико-електронних приладів військового призначення, включаючи технологічну підготовку виробничих потужностей, в промисловому масштабі в Україні поки остаточно не вирішено, а саме:

навар трьохкомпоненого двофазного натрій-борсилікатного скла з синтетичним хімічним складом Na_2O-B_2O_3-SiO_2 та отримання заготовок ДВ-1;

ліквація скла ДВ-1 способом спеціальної термічної обробки та виготовлення заготовок ДВ-1-Ш;

хімічне травлення заготовок ДВ-1-Ш з метою виробництва пористих скляних елементів для осушувальних пристроїв оптико-електронної апаратури.

При цьому існує певна невизначиність нормативно-документального характеру, пов'язана з тим, що у діючих стандартах та іншій нормативно-технічній документації пористе скло до сьогоднішнього дня не отримало офіційного позначення.

Тому в конструкторської та технологічної документації відсутній єдиний підхід до опису технічних характеристик, технічних вимог та технічних умов стосовно пористого скла. З цієї ж причини велика кількість креслень таких відомостей зовсім не містить, шо створює певні труднощи для їх правильного розуміння і загрожує подальшими технічними і виробничими помилками.

У той же час в науковій літературі склалася практика, коли матеріал, отриманий, нариклад, із заготовок ДВ-1-Ш з використанням спеціального скла ДВ-1, позначається литерами ПС (пористе скло) і додатково:

або цифрами, що характерізують розмір пір;

або літерою «Ш», яка означає наявність пір величиною більш 100 нм.

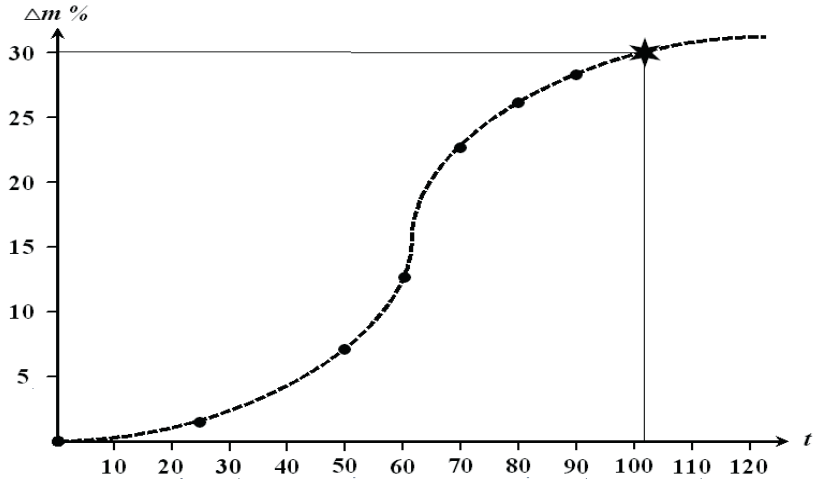
Тобто позначення ПС-1-Ш слід розуміти наступним чином: матеріал, що являє собою пористе скло з розміром пір більш 100 нм і отриманий із заготовки ДВ-1-Ш методом хімічного травлення, яка в свою чергу, виготовлена із спеціального скла ДВ-1 з певним вмістом оксиду натрію (Na_2O), оксиду бору (B_2O_3) та діоксиду кремнію (SiO_2) шляхом спеціальної термічної обробки (рис. 5).

Однак і таке позначення пористого скла не можна визнати достатньою мірою інформативним.

Проблема опису характеристик пористого скла в конструкторської та технологічної документації стоїть настільки гостро, що вимагає безоткладного вирішення.

Згідно експлуатаційной документації, технічних описів та інструкцій процес осущення оптико-електронної апаратури військового призначення здійснюється за допомогою осушувальних пристроїв (патронів, картриджів, капсул) – один і більше на кожний прилад. Додатково у складі запасних частин та інструментів поставляється не менше двох таких пристроїв, а також спеціальні ключі для обслуговування та експлуатації.

Залишкова або проникаюча волога всередині приладів, яка при температурі точки роси конденсується на поверхні оптичних елементів, ефективно поглинається



Δ*m* - збільшення ваги силікагелю в результаті насичення вологою від його початкової маси;
t - поточний час;
• - точки контролю;
✶ - момент заміни осушувального пристрою.

Рис. 6. Графік спостереження
за функціонуванням осушувального пристрою та його заміни.

осушувальними пристроями, де у якості сорбентів використовуються: або насипні порошкоподібні силікагелі, або несипучі твердотільні сорбенти (пористе скло, інші пористі склоподібні та полімерні матеріали), або і те й друге разом.

В процесі експлуатації принципово важливо чітко визначити момент часу, коли сорбент, що є складовою частиною осушувального пристрою, вже наситився вологою і далі не може виконувати свою функцію. Так, наприклад, відомо, що в умовах морського та тропічного клімату, з відносною вологістю 80%, ця подія відбувається кожні 90-120 годин [5, 10].

Необхідно ретельно стежити за роботою осушувального пристрою і своєчасно приймати рішення про його заміну (рис. 6). Для цього в його конструкції, як правило, встановлюється спеціальне оглядове вікно для контролю стану силікагелю, який в міру насичення вологою змінює свій колір.

Тобто, якщо в процесі експлуатації апаратури, що супроводжується періодичним контролем стану осушувального пристрою, який здійснюються візуально через оглядове вікно або автоматично за допомогою сигнального датчика, вага силікагелю збільшилася на 30%, такий пристрій підлягає заміні.

Для подолання несприятливої ситуації у зоні операції Об'єднаних сил на сході України, пов'язаної з надмірним запотіванням оптико-електронної апаратури, слід невідкладно здійснити наступні дії.

По-перше, необхідно ретельно перевірити укомплектованість осушувальними пристроями оптико-електронних приладів, що використовуються військами, і в разі їх недостатності або відсутності вжити вичерпних заходів щодо додаткового постачання в потрібній кількості.

По-друге, слід негайно проконтролювати якість наявних осушувальних пристроїв у частині визначення фактичних параметрів пористого скла в їх конструкції.

Справа в тому, що пористі скляні матеріали в Україні вже давно не випускаються, а експортуються з Німеччини, Китаю, до недавнього часу з Росії, інших країн. Серед них часто зустрічаються такі, що за своїми параметрам не відповідають вимогам, які пред'являються, и навіть відверті фальшивки. Не можна виключати варіант, коли в осушувальних приладах, які експлуатуються в зоні операції Об'єднаних сил, взагалі встановлено не пористе скло, а якісь інший матеріал, що робить осушувальні патрони в принципі непрацездатними.

Якщо такі випадки будуть виявлені, все браковані осушувальні пристрої повинні бути повернуті виробнику з наступною заміною на придатні.

По-третє, є нагальна потреба в організації додаткового навчання особового складу військових формувань правилам експлуатації сучасної оптико-електронної апаратури у частині її осушення.

Механіки-водії, наводчики, військові інших спеціальностей, що мають справу з оптико-електронними приладами, повинні володіти необхідними навичками спостереження за станом осушувальних пристроїв, їх своєчасної заміни і навіть регенерації з урахуванням характеру експлуатації у районі бойових дій.

Для урегулювання проблеми, що виникає при трактуванні конструкторсько-технологічної документації у зв'язку з відсутністю в нормативно-технічних джерелах офіційного позначення пористого скла, пропонується на полі креслення в розділі техничних умов та вимог розміщувати наступні записи стосовно його характеристик.

1. Матеріал ПС-1-Ш пористий, сорбент, за хімічним складом натрій-бор-силікатне скло, діаметр пор 100...200 нм, пористість 34%, відносна вага 1.5…2.0 г/см^3, колір молочно-кораловий, згідно ОСТ-3-5692-1984: Пластини пористі зі скла ДВ-1. Типовий технологічний процес виготовлення.

2. Контролювати матеріал ПС-1-Ш на наскрізну пористість крапельним методом, за яким крапля дистильованої води абсорбується на товщину придатного виробу за 1 хвилину згідно ОСТ-3-5692-1984: Пластини пористі зі скла ДВ-1. Типовий технологічний процес виготовлення – п. 4.1. Контроль пластин на наскрізну пористість крапельним методом.

Під порістістю у даному випадку розуміється відношення об'єму пор у виробі до його повного об'єму в %.

Контроль пористих виробів також допускається здійснювати за допомогою електронних або рентгенівських мікроскопів з роздільною здатністю в межах 2-22 нм, які дозволяють перевіряти безпосередньо розмір пор [7].

При визначенні подальших перспектив виготовлення в Україні осушувальних пристроїв оптико-електронної апаратури необхідно враховувати наступні обставини.

З огляду на реальний стан оптико-електронного напряму в вітчизняному приладобудуванні, оновлення після тривалої перерви виробництва пористого скла на діючих підприємствах або його перенесення в інші місця при неминучої необхідності нової технологічної підготовки вимагатиме значних коштів та тривалого часу.

Тут виникає відома етична проблема: чи варто на початку XXI століття витрачати серйозні наукові зусилля, значні виробничі потужності й чималі грошові ресурси на повторення технологій 40-х років минулого віку?

Світова спільнота пішла далеко вперед у розвитку своїх технологічних можливостей. За кордоном вже розроблені та виготовляються як у дрібносерійному, так і в багатосерійному виробництві сучасні пористі матеріали на основі склоподібних, композиційних та полімерних субстанцій, які не передбачають операції хімічного травлення і тому є більш технологічними [12, 13]. Максимальний розмір пористого виробу при цьому може становити 300x300x10 мм.

Маючи на увазі світові тенденції розвитку методів осушення оптико-електронної апаратури, враховуючи існуючий потенціал Національної академії наук України та галузевої науки, доцільніше було би зосередити основну увагу на цих новітніх технологіях, розгорнувши серію науково-дослідних, дослідно-конструкторських і дослідно-технологічних робіт з даної проблематики [5, 8, 9]. До моменту отримання потрібних результатів, пористе скло, необхідне для підтримки в експлуатації існуючих осушувальних пристроїв, можна закуповувати на світовому ринку, забезпечивши контроль його якості на належному рівні.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Авторское свидетельство SU 65594. Патрон для осушки оптических приборов / Наркомвооружения, Ченакал В.Л. – Калуга : Изд-во Госпланиздат, 1945. – 4 с.
2. Авторское свидетельство SU 67840. Патрон для осушки оптических приборов / Наркомвооружения, Ченакал В.Л. – М. : Изд-во Московский Печатник, 1947. – 4 с.
3. Гребенщиков, И.В. Химические реакции на поверхности силикатов и их значение для техники / И.В. Гребенщиков // Известия АН СССР, ОТН, 1939 – №1. – С. 3-24.
4. Карнаухов, А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов / А.П. Карнаухов. – Новосибирск : Изд-во Наука, 1999 – 470 с.
5. Криворучко, Я.С. Моделі пористих середовищ [Електронний ресурс] / Я.С. Криворучко, Л.Б. Лерман, Н.Г. Шкода // Збірник наукових праць «Поверхня», 2013. – Вип. 5. – С. 34-37. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua /UJRN/Pov_2013_5_6.
6. ОСТ-3-1899-1981. Заготовки для выщелачивания из стекла ДВ-1. Технические условия. Типовой технологический процесс изготовления. – М. : Изд-во Госстандартов, 1982. – 13 с.
7. ОСТ-3-5692-1984. Пластины пористые из стекла ДВ-1. Типовой технологический процесс изготовления – М. : Изд-во Госстандартов, 1985. – 19 с.
8. Пак, В.Н. Пористые стекла и наноструктурированные материалы на их основе [Электронный ресурс] / В.Н. Пак, Ю.Ю. Гавронская, Т.М. Буркат. – 2015. – Режим доступа: http://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=6540.
9. Пацаган, Т.М. Статистико-механічне моделювання впливу пористих середовищ на властивості рідин / Т.М. Пацаган. – 2005. – Режим доступу: http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/132707.html.
10. Применение пористых стекол в качестве мембран в приборах аэрокосмического базирования / О.В. Андреева О.В., Г.Е. Новиков, А.А. Афонюшкин, Д.Д. Темнова, А.И. Голубка // Наносистемы: физика, химия, математика. – Санкт-Петербург : Изд-во Университета информационных технологий, механики и оптики, кафедра фотоники и оптоинформатики, 2010. – Т. 1. – №1. – С. 1-4.
11. Хейфец, Л.И. Многофазные процессы в пористых средах / Л.И. Хейфец, А.В. Неймарк. – М : Химия, 1982. – 320 с.
12. Patent US20110269621, Porous body and method of producing the same / Nippon Sheet Glass Co., Ltd., Ikuko Emori, Koji Takahashi – Arlington: USPTO, United States Patent and Trademark Office, 2011.
13. Patent US20130233018, Method of manufacturing porous glass / Canon, Inc., Kenji Takashima, Zuyi Zhang, Yoshinori Kotani, Akira Sugiyama, Naoyuki Koketsu – Alexandria: USPTO, United States Patent and Trademark Office, 2013.
14. Patent US 2106744, Treated Borosilicate Glass / Corning Glass, Inc., Harrison Porter Hood and Martin Emery Nordberg – Alexandria: USPTO, United States Patent and Trademark Office, 1938.
15. Patent US 2221709, Borosilicate Glass / Corning Glass, Inc., Harrison Porter Hood and Martin Emery Nordberg – Alexandria: USPTO, United States Patent and Trademark Office, 1940.
16. Patent US 2286275, Method of Treating Borosilicate Glasses / Corning Glass, Inc., Harrison Porter Hood

and Martin Emery Nordberg – Alexandria: USPTO, United States Patent and Trademark Office, 1942.
17. Patent US 4927442, Method of producing open-pore sintered glass filters and product / Schott Glaswerke, AG, Norbert Greulich; Werner Kiefer; Veronika Rehm – Arlington: USPTO, United States Patent and Trademark Office, 1989.
18. Porous and Reconstructed Glasses / Corning Glass, Inc., Thomas H. Elmer // Engineered Materials Handbook, Vol. 4, Ceramic and Glasses – Materials Park: ASM, Materials Information Society, 1991.

Стаття надійшла до редколегії 16.10.2018 р.

Рецензент М.І. Васьківський д-р техн. наук, проф. (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

УДК 623.61+621.396.6

Є.В. РИЖОВ,
кандидат технічних наук
(Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)

Л.М. САКОВИЧ, *кандидат технічних наук, доцент*
(Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

Ю.А. НАСТИШИН, *доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник*

Н.В. КИРИЛЛОВА
(Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)

Обґрунтування мінімально необхідних вимог до засобів вимірювань при двоступеневій системі діагностування в процесі поточного ремонту військової техніки зв'язку

Актуальність статті полягаю у мінімізації витрат на метрологічне обслуговування військової техніки зв'язку у зв'язку з недостатнім фінансуванням заходів технічної експлуатації в цілому. У статті обґрунтовано мінімально необхідні вимоги до засобів вимірювань при двоступеневій системі діагностування в процесі поточного ремонту військової техніки зв'язку, що забезпечує зменшення часу її відновлення за рахунок вдосконалення діагностичного забезпечення. Запропонована блок-схема алгоритму мінімізації вартості засобів вимірювань при збереженні необхідного рівня ремонтопридатності військової техніки зв'язку. Отримані результати дозволяють оцінити якість метрологічного забезпечення технічного обслуговування та поточного ремонту військової техніки зв'язку. Показано порядок використання отриманих результатів на прикладі розробки діагностичного забезпечення блоку електроживлення збуджувача і радіоприймача радіостанції середньої потужності Р-161 та приведено її діагностичну модель у вигляді графа інформаційно-енергетичних зв'язків.

Встановлено, що ефект від використання отриманих у статті результатів полягає в зниженні до 18% середнього часу відновлення радіостанції середньої потужності Р-161 за рахунок вдосконалення діагностичного та метрологічного забезпечення. Отримані результати доцільно використовувати при кількісній оцінці показників діагностичного забезпечення військової техніки зв'язку.

Ключові слова: засоби вимірювань, діагностування, метрологічне забезпечення технічного обслуговування, військова техніка зв'язку.

Актуальность статьи состоит в минимизации затрат на метрологическое обслуживание военной техники связи в связи с недостаточным финансированием мероприятий технической эксплуатации в целом. В статье обосновано минимально необходимые требования к средствам измерений при двухступенчатой системе диагностики в процессе текущего ремонта военной техники связи, что обеспечивает уменьшение времени её восстановления за счет совершенствования диагностического обеспечения. Предложенная блок-схема алгоритма минимизации стоимости средств измерений при сохранении необходимого уровня ремонтопригодности военной техники связи. Полученные результаты позволяют оценить качество метрологического обеспечения технического обслуживания и текущего ремонта военной техники связи. Показан порядок использования полученных результатов на примере разработки диагностического обеспечения блока электропитания возбудителя и радиоприемника радиостанции средней мощности Р-161 и приведено её диагностическую модель в виде графа информационно-энергетических связей.

Установлено, что эффект от использования полученных в статье результатов заключается в снижении до 18% среднего времени восстановления радиостанции средней мощности Р-161 за счет совершенствования диагностического и метрологического обеспечения. Полученные результаты целесообразно использовать при количественной оценке показателей диагностического обеспечения военной техники связи.

Ключевые слова: средства измерения, диагностирование, метрологическое обеспечение технического обслуживания, военная техника связи.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

Необхідність оцінки реального технічного стану (ТС) військової техніки зв'язку (ВТЗ) виникає при її метрологічному обслуговуванні (МОб) під час технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) [1-4]. При цьому потрібно за встановлений час, що визначається інструкціями з експлуатації або керівними документами з надійності та ремонтопридатності, шляхом вимірювання у встановленій послідовності значень деякої кількості параметрів із сукупності можливих із завданою або максимально можливою ймовірністю оцінити ТС виробу. В даний час у зв'язку з недостатнім фінансуванням заходів технічної експлуатації ВТЗ актуальним є завдання мінімізації витрат на МОб, що не враховують відомі методики [1, 5, 6], орієнтовані на мінімізацію часу ТО або ПР. А також актуальним є завдання зменшення часу відновлення ВТЗ за рахунок вдосконалення діагностичного забезпечення у порівнянні з [7].

Тому метою статті є обґрунтування мінімально необхідних вимог до засобів вимірювань при двоступеневій системі діагностування в процесі поточного ремонту військової техніки зв'язку.

Виклад основного матеріалу

При поточному ремонті ВТЗ на першому етапі використовують вбудовані засоби діагностування, після чого на другому етапі за допомогою зовнішніх засобів вимірювання ведеться пошук несправного елемента в блоці або підсистемі.

Розглянемо можливі варіанти алгоритмів діагностування. При реалізації на першому етапі бінарних алгоритмів з модулем вибору $m = 2$ (індикаторів типу «норма – не норма») в найпростішому випадку для $L = 6$ елементів (рис. 1а) отримуємо математичне сподівання відхилення діагнозу від його істинного значення при одній помилці оператора в оцінці результату виконання перевірки при відмові елемента $i = \overline{1, 6}$:

$$\rho_1 = 3g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_6;$$
$$\rho_2 = 2g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_5;$$
$$\rho_3 = g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_4,$$

де g_i – ймовірність помилкової оцінки результату виконання перевірки i, p_i – ймовірність правильної оцінки результату виконання перевірки i. В такому випадку середнє значення математичного сподівання відхилення діагнозу

$$\rho' = \frac{1}{L}\sum_{i=1}^{L}\rho_i = \frac{2(6g_1p_2 + 3p_1g_2)}{6} = 2g_1p_2 + p_1g_2.$$

У другому випадку при використанні на першому етапі приладу, де значення «норма» виділено сектором на шкалі, отримуємо для $L = 6$ і $m = 3$ (рис. 1б):

$$\rho_1 = 2g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_6;$$
$$\rho_2 = g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_5;$$
$$\rho_3 = g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_4;$$

$$\rho'' = \frac{8g_1p_2 + 6p_1g_2}{6} = 1{,}333g_1p_2 + p_1g_2.$$

Очевидно, що $\rho'' < \rho'$, отже, на першому етапі діагностування доцільно використовувати засоби вимірювання з можливістю оцінки результату «менше норми – норма – більше норми», тобто $m = 3$.

Для встановлення закономірності існування комбінаторного ритму ρ_i розглянемо неоднорідний умовний алгоритм досконалої форми для $L = 24$ з $m = 3$ першої перевірки і $m = 2$ для інших. В такому випадку отримуємо:

$$\rho_1 = 8g_1p_2^3 + 4p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{24};$$
$$\rho_2 = 7g_1p_2^3 + 3p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{23};$$
$$\rho_3 = 6g_1p_2^3 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{22};$$
$$\rho_4 = 5g_1p_2^3 + p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{21};$$
$$\rho_5 = 4g_1p_2^3 + p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{20};$$
$$\rho_6 = 3g_1p_2^3 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{19};$$
$$\rho_7 = 2g_1p_2^3 + 3p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{18};$$
$$\rho_8 = g_1p_2^3 + 4p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{17};$$
$$\rho_9 = g_1p_2^3 + 4p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{16};$$
$$\rho_{10} = 2g_1p_2^3 + 3p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{15};$$
$$\rho_{11} = 3g_1p_2^3 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{14};$$
$$\rho_{12} = 4g_1p_2^3 + p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{13}.$$

Тоді середнє значення математичного сподівання відхилення діагнозу дорівнює:

$$\rho = \frac{\left(\sum_{i=1}^{8} i + \sum_{i=1}^{4} i\right)p_1g_2^3 + \left(3\sum_{i=1}^{4} i + 6\sum_{i=1}^{2} i + 12\right)p_1g_2p_2^2}{12} = \frac{46}{12}p_1g_2^3 + 5p_1g_2p_2^2.$$

Легко помітити, що після поділу першою перевіркою об'єкта на $m = 3$ частини отримуємо бінарні умовні алгоритми досконалої форми для 8 елементів, кількісна оцінка значення ρ для яких наведена в [1, 2, 4]. Тоді для даного прикладу

$$\rho = \frac{\left(\sum_{i=1}^{L/m} i + \sum_{i=1}^{L/2m} i\right)}{L/2}p_1g_2^{K_2} + \frac{\left(\frac{L}{m} + K_2 - 1\right)p_1g_2^{K_2-1}}{2},$$

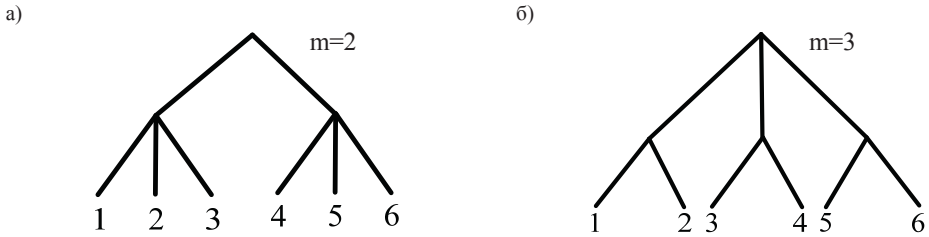


Рис. 1. Умовні неоднорідні алгоритми діагностування досконалої форми

де $K_2 = log_2 \frac{L}{m}$ – середнє число перевірок на другому етапі пошуку. Розкриваючи суми остаточно отримуємо:

$$\rho = \frac{1}{2m}\left(3 + \frac{5L}{2m}\right) p_1 g_2^{K_2} + \frac{\left(L/m + K_{2г} - 1\right) p_1 g_2^{K_2 - 1}}{2} =$$

$$= \frac{46}{12} p_1 g_2^3 + 5 p_1 g_2 p_2^2 ,$$

що відповідає отриманому раніше результату.

У загальному випадку для алгоритмів виду рис. 2 математичне сподівання відхилення діагнозу при одній помилці в оцінці результату виконання перевірки

$$\rho = 0{,}5 p_2^{K_2 - 1}\left[\left(3 + 2{,}5 L/m\right) p_1 g_2 / m + \left(L/m + K_2 - 1\right) p_1 g_2\right].$$

Наприклад, при використанні на першому етапі стрілочного вбудованого приладу з сектором «норма» на шкалі $p_1 = 0{,}971$, а на другому етапі цифрового приладу з $p_2 = 0{,}9993$ для алгоритму рис. 2 отримуємо $\rho = 0{,}1143 < 0{,}5$, що відповідає вимогам реалізації ремонту ВТЗ агрегатним методом [1-9].

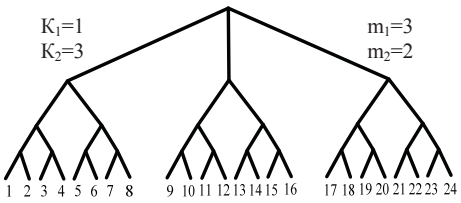


Рис. 2. Неоднорідний умовний алгоритм діагностування досконалої форми

На рис. 3 приведена блок-схема алгоритму мінімізації вимог до засобів вимірювань параметрів ВТЗ на другому етапі діагностування, де [1-9]:

$P = p_1 p_2^{K_2}$ – ймовірність правильної постановки діагнозу;

$Та = \frac{(K_2 + 1)t + t_y}{P}$ – середній час відновлення;

t – середній час виконання перевірки;

t_y – середній час усунення несправності;

Твд – допустиме значення середнього часу відновлення (задається в [10]).

Після отримання мінімально необхідного для другого етапу діагностування значення p_2, клас точності або кількість розрядів засобів вимірювань визначають по відомим методикам [1-10].

Якщо форма алгоритму відрізняється від досконалої, то точне значення ρ можна отримати прямими обчисленнями або ж обмежаться використанням отриманого аналітичного виразу для орієнтовної оцінки, якщо при цьому $\rho < 0{,}5$.

Розглянемо порядок використання отриманих результатів на прикладі розробки діагностичного забезпечення блоку електроживлення збуджувача і радіоприймача радіостанції середньої потужності Р-161, функціональна схема якого приведена на рис. 4, а діагностична модель у вигляді графа інформаційно-енергетичних зв'язків на рис. 5 [11].

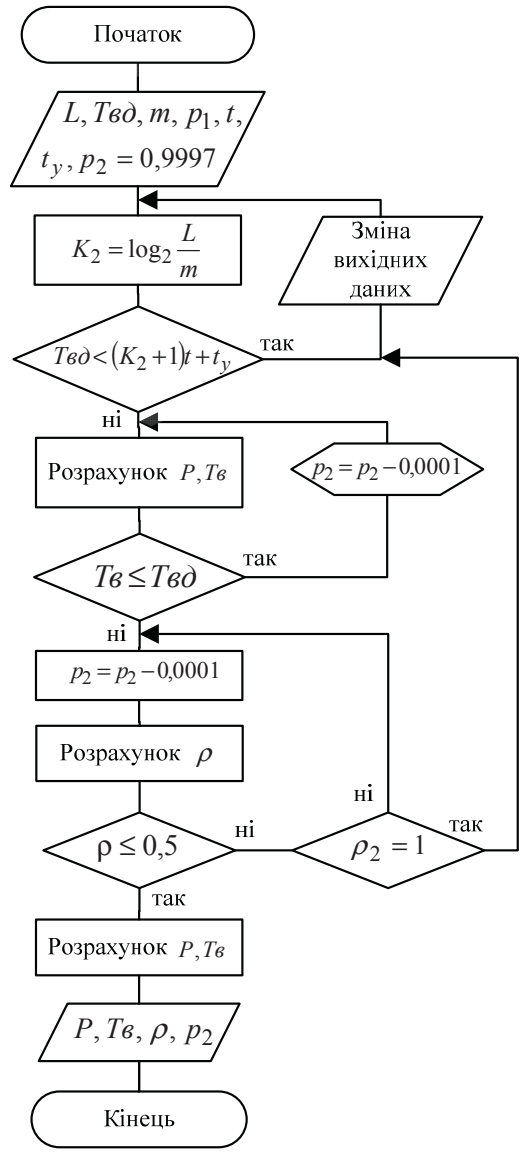


Рис. 3. Блок-схема алгоритму мінімізації вимог до засобів вимірювань на другому етапі діагностування

Об'єкт складається з L = 63 елементів, допустимий час відновлення *Твд* = 30 хв., середній час виконання перевірки $t = 1$ хв., а усунення несправності $t_y = 6$ хв.

Аналіз структури об'єкта показує, що він є багато вихідним, причому однофунціональний, тому при розробці умовного алгоритму діагностування доцільно використовувати конструктивну, інформаційну й структурну надлишковість від об'єднання перевірок вихідних напруг.

Нехай максимальне значення модуля вибору неоднорідного умовного алгоритму діагностування $M = 6$ при одночасному аналізі результатів виконання 3 перевірок, тоді отриманий умовний алгоритм діагностування (рис. 6) набирає вигляду згідно з рис. 7. При цьому середня кількість перевірок K = 4,49.

Результати використання блок-схеми алгоритму рис. 3 в порівнянні з прототипом [11] наведені в табл. 1.

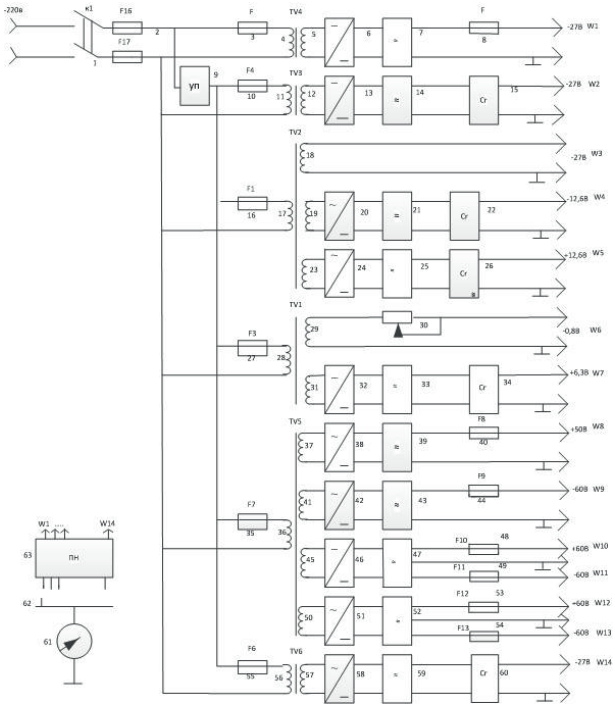


Рис. 4. Функціональна схема блоку електроживлення

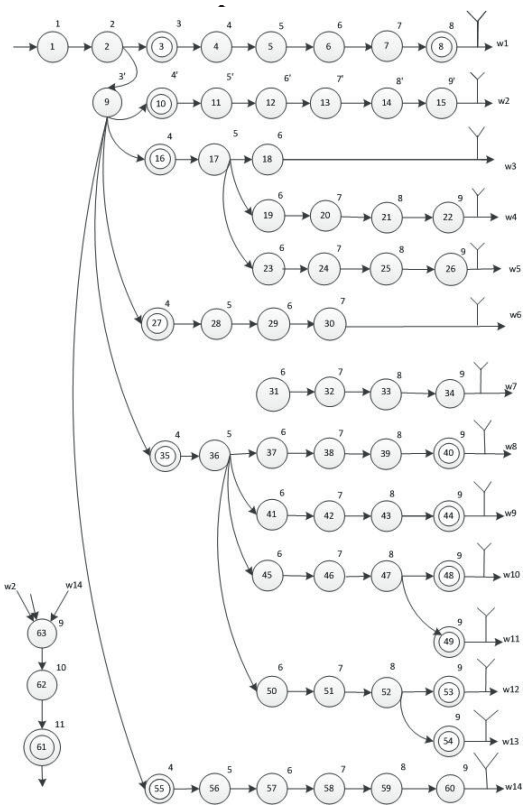


Рис. 5. Діагностична модель об'єкта у вигляді графа інформаційно-енергетичних зв'язків

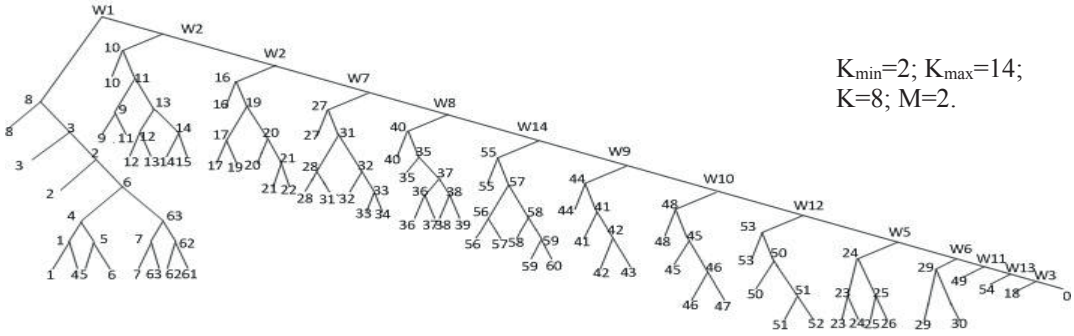


Рис. 6. Бінарний умовний алгоритм діагностування

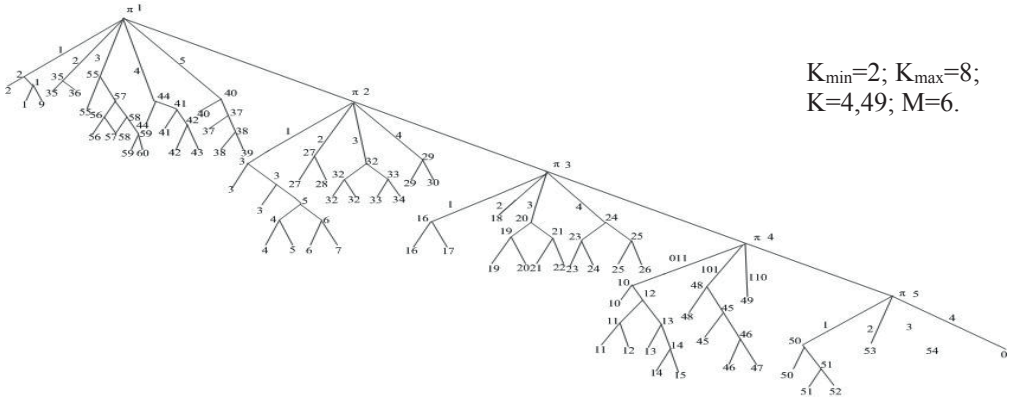


Рис. 7. Неоднорідний умовний алгоритм діагностування модернізованого блока живлення

Таблиця 1

Показники якості діагностичного забезпечення

Показники якості	Прототип [11]	Блок-схема алгоритму рис. 3
Ймовірність правильної оцінки результату перевірки на другому етапі пошуку, p_2	0,985	0,917
Ймовірність правильної постановки діагнозу, P	0,934	0,674
Середній час відновлення, *Тв*, хв.	20,8	17,1
Математичне сподівання відхилення діагнозу, ρ	0,49	0,49

Застосування отриманих результатів при розробці діагностичного забезпечення в цьому випадку дозволяє на 7% зменшити вимоги до ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки, що веде до зниження вартості засобів вимірювань на другому етапі пошуку, а також на 18% скоротити середній час відновлення не дивлячись на деяке зниження ймовірності правильної постановки діагнозу, що не є істотним при ремонті агрегатним методом.

Висновки

1. Отримані результати доцільно використовувати при кількісній оцінці показників діагностичного забезпечення ВТЗ.

2. Результати досліджень дозволяють оцінити якість метрологічного забезпечення технічного обслуговування та поточного ремонту ВТЗ.

3. Запропонована блок-схема алгоритму спрямована на мінімізацію вартості засобів вимірювань при збереженні необхідного рівня ремонтопридатності ВТЗ.

4. Ефект від використання отриманих результатів полягає в зниженні до 18% середнього часу відновлення за рахунок вдосконалення діагностичного та метрологічного забезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рижов Є.В. Аналіз методик метрологічної експертизи складних технічних систем / Є.В. Рижов, М.Ю. Яковлев, О.В. Ходич, П.Л. Аркушенко // Український метрологічний журнал. – 2015. – № 2. – С. 12-16. DOI: https://doi.org/10.24027/2306-7039.2.2015.119367.
2. Яковлев М.Ю. Підхід до вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / Є.В. Рижов, М.Ю. Яковлев // Військово-технічних збірник Академії сухопутних військ. – 2014. – № 1(10). – С. 119-127.
3. Рижов Є.В. Удосконалена методика обґрунтування параметрів для метрологічного обслуговування техніки зв'язку / Є.В. Рижов // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2018. – Вип. 55(1). – С. 53-60. DOI: https://doi.org/10.20535/1970.55(1).2018.135893.
4. Yevhen Ryzhov. Optimization of requirements for measuring instruments at metrological service of communication tools / Yevhen Ryzhov, Lev Sakovych, Petro Vankevych, Maksym Yakovlev, Yuriy Nastishin // Measurement. Journal of the International Measurement Confederetion. Volume 123 (July 2018) pp. 19-25. DOI: https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.03.055.
5. Рижов Є.В. Методика обґрунтування метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / Є.В. Рижов, М.Ю. Яковлев // Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ» – Львів: АСВ. – 2015. – С. 166-167.
6. Horst Czichos. Handbook of Technical Diagnostics: Fundamentals and Application to Structures and Systems. – 2013. – P. 559. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-25850-3.
7. Рижов Є.В. Методика обґрунтування метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / Є.В. Рижов, М.Ю. Яковлев // Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ» – Львів: АСВ. – 2015. – С. 166-167.
8. Khandpur R.S. Troubleshooting electronic equipment: Includes Repair And Maintenance, Second Edition: McGraw-Hill Education (India) Private Limited, 2003. 417 p.
9. Anna Timofiejczuk. Advances in Technical Diagnostics: Proceedings of the 6th International Congress on Technical Diagnostic, ICDT2016, 12-16 September 2016, Gliwice, Poland. 521 p.
10. Требования к ремонтопригодности вновь разрабатываемых и модернизируемых средств связи. РТМ. – М.: Воениздат, 1982. – 51 с.
11. 11. го забезпечення поточного ремонту техніки зв'язку з комплексним використанням її надлишковості / Л.М. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок. – 2016. – №2. – С.48-55.

Стаття надійшла до редколегії 17.10.2018 р.

Рецензент П.І. Ванкевич, д-р техн. наук, с.н.с. (Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)

VI МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ "ПРОБЛЕМИ КООРДИНАЦІЇ ВОЄННО-ТЕХНІЧНОЇ ТА ОБОРОННО-ПРОМИСЛОВОЇ ПОЛІТИКИ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ": ОСНОВНІ ПІДСУМКИ

В рамках чергової XV Міжнародної спеціалізованої виставки "Зброя та безпека – 2018" Міністерством оборони (МО) України 10-11 жовтня 2018 року вже в шосте було проведено міжнародну науково-практичну конференцію, яка, як й у минулі роки, мала тематичну назву **"Проблеми координації воєнно-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки".**

У конференції брали участь керівництво та фахівці органів виконавчої влади (МО України, Генерального штабу Збройних Сил (ГШ ЗС) України, Міністерства економічного розвитку і торгівлі (МЕРТ) України, Національної академії наук (НАН) України, Міністерства освіти та науки (МОН) України, Міністерства внутрішніх справ (МВС) України, установ та підприємств оборонно-промислового комплексу (ОПК) України, представники іноземних держав тощо (усього – представники й спеціалісти більше 60 державних, наукових та навчальних установ і організацій).

Відкриваючи **пленарне засідання**, начальник Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил (ЦНДІ ОВТ ЗС) України д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки полковник **ЧЕПКОВ Ігор Борисович** оголосив привітання її учасникам від Заступника міністра оборони України генерал-лейтенанта **ПАВЛОВСЬКОГО Ігоря Валентиновича**. У своєму привітанні Павловський І.В. підкреслив, що з кожним роком дана конференція привертає до себе все пильнішу увагу як воєнно-політичного керівництва країни, так й широкого кола спеціалістів з воєнно-технічної та оборонно-промислової політики України та інших країн світу. Вже вдруге МО України проводить її спільно з МОН України, навчальні та наукові установи якого також роблять значний внесок у розвиток технічного оснащення ЗС України. У зв'язку з цим науковий рівень та практична спрямованість конференції суттєво підвищуються.

Заступник міністра оборони України висловив свою вдячність учасникам конференції за присутність на цьому заході та небайдужість до проблем технічного оснащення ЗС України, які вирішуються на цей час в МО України. Він запропонував учасникам конференції у своїх виступах підбити основні підсумки року, що минув після останньої конференції, проаналізувати досягнення МО та МОН України у сфері укріплення обороноздатності України, бойової могутності ЗС та вирішенні питань воєнно-технічної, оборонно-промислової політики України. Як завжди, наголосив він, обов'язково мають бути висвітлені негативні моменти у цій сфері, проаналізовані причини стану, що склався, намічені шляхи щодо їх усунення та недопущення у майбутньому.

Результатом обговорення питань, що розглядатимуться на конференції, зазначив він, мають стати науково обґрунтовані пропозиції щодо подальшого вдосконалення в найближчій перспективі воєнно-технічної та оборонно-промислової політики України з метою оснащення ЗС та інших складових сектору безпеки і оборони України сучасними та перспективними зразками озброєння, військової й спеціальної техніки, з урахуванням економічних реалій та можливостей України.

З привітальним словом до учасників конференції звернувся **Заступник міністра освіти та науки України д.ф.-м.н. СТРІХА Максим Віталійович.**

Привітавши учасників конференції, він зазначив, що даний захід є безумовно корисним та слугує поєднанням теоретичних та практичних напрацювань у сфері оборони. Заклади вищої освіти та наукові установи, які є місцем творення інновацій, повинні тісно співпрацювати з підприємствами, що здатні впровадити розробки науковців. Ця Міжнародна конференція, зазначив він, стане чудовим майданчиком для обміну досвідом та налагодження контактів щодо подальшої співпраці між ними, адже сьогодні тут присутні академічна спільнота, представники бізнесу та міжнародні експерти. МОН України, в свою чергу, бачить одним з своїх пріоритетних завдань створення умов для такої співпраці.

Перед Україною стоїть нагальне завдання виходу на шлях швидкого та стійкого економічного зростання

при забезпеченні необхідного рівня обороноздатності країни. Сподіваюся, зазначив Стріха М.В., що професійний діалог та результати сьогоднішньої конференції дадуть новий імпульс створенню сприятливих умов для провадження інноваційної діяльності та комерціалізації новацій, а також створенню у сфері оборони високотехнологічних виробництв вітчизняними промисловими підприємствами за участю наукових установ і закладів вищої освіти.

Спільно ми повинні підвищити ефективність використання інтелектуального потенціалу країни та забезпечити розвиток інновацій в усіх сферах життя нашого суспільства.

У своєму виступі Стріха М.В. навів чисельні приклади успішної роботи підприємств, навчальних та наукових установ МОН України у сфері розробки, втілення на практиці новітніх розробок для потреб забезпечення безпеки та оборони України, зокрема, з тих, розробки яких вже було завершено, а також тих, розробки з яких ще тривають або тільки розпочинаються. При цьому він зазначив, що у минулому 2017 році було профінансовано 58 проектів у 21 вищому навчальному закладі та науковій установі на суму близько 34 млн. грн. з числа тих, що мають важливе значення для зміцнення обороноздатності та безпеки держави, які пройшли експертизу ЦНДІ ОВТ ЗС України та Медичного департаменту МО України тощо.

Серед них:

- *Концепція формування характеристик перспективних транспортних енергетичних установок* (на прикладі танкової енергетичної установки з дизелем та безступінчастою трансмісією, розроблена Національним технічним університетом «Харківський політехнічний інститут» спільно з МО України, ХКБМ ім. О.О. Морозова, ДП «Завод ім. В.О. Малишева», ДП «Київський бронетанковий завод», ДП «Львівський бронетанковий завод»;

- *Методика розрахунку та вимірювань у ближній зоні характеристик радіолокаційної помітності для наземних об'єктів та ефективності її зниження при маскуванні.* Розробник – Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна. Потенційні замовники – Державне підприємство «Харківське конструкторське бюро з машинобудування ім. О.О. Морозова» та Державне підприємство «Конструкторське Бюро «Південне» (м. Дніпро);

- *Розширення паливної бази та поліпшення екологічних показників стаціонарних і самохідних систем з дизелями шляхом застосування газодизельного циклу.* Роботу виконано «Київським політехнічним інститутом ім. Ігоря Сікорського» у співпраці з Національним транспортним університетом, «Державтотрансом НДІпроект», ТОВ "Автогазглобал", ТОВ "Логістична компанія Оболонь" (м. Київ) тощо;

- *Розроблення конструкцій і технологій виготовлення та складання комбінованих систем оперативного бронювання стаціонарних і пересувних об'єктів військового призначення із змінним рівнем захисту.* Виконавець – Донбаська державна машинобудівна академія. Розробки виконувалися спільно з Інститутом проблем міцності ім. Г.С.Писаренка НАН України. Виготовлення дослідних зразків проводилися за участю ПАТ «Краматорський завод важкого верстатобудування»;

- інші роботи та проекти.

Наприкінці виступу заступник міністра освіти та науки України наголосив на тому, що в Україні необхідно створити якісне законодавче поле для регулювання інноваційної діяльності. Діючи у цьому напрямку, МОН розробило Стратегію інноваційного розвитку України, де закладено нові підходи до розвитку інновацій, трансферу технологій, підтримки стартапів та налагодження комунікацій між усіма учасниками інноваційного процесу, а також унормування тих прогалин, що мають місце. Це, на його думку, сприятиме подальшому розгортанню плідної співпраці підприємств і установ МО і МОН України у сфері підвищення обороноздатності країни та вдосконалення технічного оснащення ЗС України. Він також висловив впевненість, що співпраця науковців МО та МОН України, а також їх спільна взаємодія з організаціями, підприємствами та установами України, що працюють у сфері виконання державного оборонного замовлення (ДОЗ), буде з часом поглиблюватися та сприятиме створенню нових технологій у сфері безпеки та оборони, зміцненню економіки та обороноздатності України.

Далі, **на пленарному засіданні конференції**, яке відбулося у **першій день її роботи**, були обговорені проблемні питання планування та реалізації воєнно-технічної (ВТП) та оборонно-промислової політики (ОПП) України, які стоять перед Україною, її ОПК та ЗС, місце та роль у цьому процесі наукового й виробничого потенціалів МО та МОН України.

Генеральну спрямованість роботі конференції визначила концептуальна доповідь за темою «**Інновації в оборонній промисловості – базова вимога сучасності»**, з якою виступив Віце-президент НАН України, д.т.н., професор, академік НАН України ***ГОРБУЛІН Володимир Павлович***. Дана доповідь стала логічними продовженням та подальшим розвитком доповіді, з якою виступав Стріха М.В.

Горбулін В.П. зазначив, що нині в Україні, при створенні нових ОВТ та розвитку оборонної промисловості, мало використовується або зовсім не використовується навіть наявний потенціал науки. І це – при наявності непорушної істини, що впровадження інновацій під час розроблення та виробництва нових ОВТ можливо лише за умов ефективної взаємодії науки, замовників ОВТ, а також їх розробників й виробників.

НАН України, якій у листопаді цього року виконується 100 років з дня заснування, і яка ніколи не стояла осторонь вирішення науково-технічних проблем розвитку ОВТ, наскільки це можливо, намагається виправити ситуацію, що склалася у цій важливій сфері.

Так, НАН України, за власної ініціативою без цільового фінансування, започаткувала, сформувала та розпочала у 2015 році виконання цільової науково-технічної програми «Дослідження і розробки з проблем підвищення обороноздатності і безпеки держави» за рахунок скорочення інших конкурсних програм Академії та зменшення фонду зарплати інститутів.

У 2015 році на це було спрямовано 25,0 млн. грн., у 2016 р. – 30 млн. грн., в 2017 р. – 39 млн. грн., а у 2018 р. – 50 млн. грн. (всього – 144 млн. грн.). Протягом 2015-2017 років установами НАН України вже завершено 44 проекти Програми. У 2018 році продовжується виконання других етапів ще 20 проектів і вже розпочато виконання нових 22 проектів.

Серед цих 86 проектів Програми:

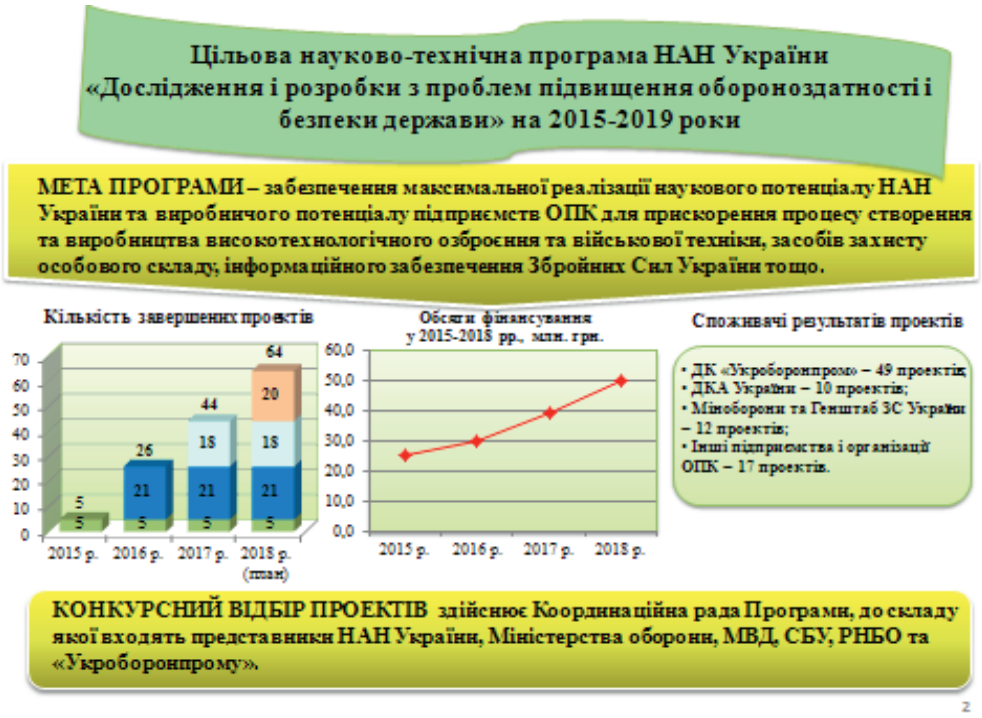
49 – призначені для підприємств ДК «Укроборонпром»;

10 – для Державного космічного агентства;

12– для МО та ГШ ЗС України;

17 проектів призначені для впровадження на інших підприємствах і організаціях ОПК, зокрема, підприємствах Громадської спілки «Ліга оборонних технологій».

Однак, реалізація та практичне впровадження результатів проведених досліджень поки що є незадовільним. З метою подолання стану, що склався, 30 листопада 2016 року на засіданні Міжвідомчої комісії РНБО з питань ОПК було розглянуто питання «Про стан та перспективи використання фундаментальних і пошукових досліджень та наукових розробок НАН України в інтересах розвитку ОВТ». Одним із пунктів рішення цієї комісії було доручено МО України разом з НАН України, Державним концерном «Укроборонпром» та Державним космічним агентством до 28 лютого 2017



року прийняти спільне рішення щодо використання результатів завершених наукових досліджень, які були проведені науковими установами Академії за її згаданою вище цільовою науково-технічною програмою.

У травні 2017 року Академія провела детальний аналіз стану впровадження результатів завершених робіт Програми «Дослідження і розробки з проблем підвищення обороноздатності і безпеки держави».

Аналіз підтвердив невтішні висновки, а саме:

підприємства ОПК не мають достатніх обігових коштів щодо укладання відповідних угод для впровадження інноваційних розробок Академії;

у ДОЗ відсутні замовлення на нові науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (НДДКР) з розробки сучасних видів ОВТ на основі новітніх розробок Академії.

В Україні система створення та організації виробництва інноваційної конкурентоздатної продукції на підприємствах оборонної промисловості є недосконалою. У цьому аспекті необхідно, перш за все, зосередитись на розробленні та впровадженні в практику економічних механізмів стимулювання інноваційної діяльності в оборонній промисловості.

Для запровадження інноваційних процесів важливо також забезпечити реструктуризацію, корпоратизацію та реорганізацію підприємств української оборонної промисловості. Нині ж практично відповідна робота не розпочалася, незважаючи на наявність програм, планів та декларацій з цих питань. Зокрема, це стосується створення державних акціонерних холдингових компаній та тематичних акціонерних товариств для управління конкретними проектами і програмами.

Виконання повноважень з питань координації діяльності у сфері реалізації ДОЗ покладена на МЕРТ України. Це важливо, оскільки згадані вище НДДКР переважно виконуються в рамках ДОЗ. Однак, поза увагою цього Міністерства залишається стимулювання інноваційного розвитку державних та приватних підприємств оборонної промисловості. На думку Академії, вважається за доцільне повернутися до досвіду роботи окремого спеціального органу управління інноваційною діяльністю у оборонній промисловості, а саме колишньої Комісії ОПК.

Академік Горбулін В.П. також підкреслив, що неврегульованим залишається важливе питання державно-приватного партнерства в системі розробок та виробництва ОВТ. Під час його розгортання необхідно враховувати різні підходи до цього держави і приватних структур. Так, держава розглядає розвиток оборонної промисловості з метою технічного оснащення сил безпеки і оборони. Приватний же бізнес розглядає цей розвиток з метою отримання прибутку при вкладанні власних ресурсів у дану галузь. Тому між державою та приватними інвесторами повинен бути встановлений баланс інтересів в діяльності в оборонній промисловості.

На завершення свого виступу, Горбулін В.П. сформулював **ряд висновків та запропонував низку пропозицій, спрямованих на поліпшення справ у сфері втілення інноваційних розробок в оборонній промисловості України та їх використання під час вирішення питань ВТП України у сфері розвитку технічного оснащення ЗС України**. Стисло вони полягають у такому:

1. Без побудови в державі інноваційної системи у цій сфері неможливо налагодити виробництво нових ОВТ.

2. Необхідно відновити послідовність виконання робіт з розробки та створення сучасних ОВТ: пошукові дослідження → ОКР → виробництво.

3. Необхідно прискорити реалізацію завдань, які визначені у чинних документах стратегічного планування з питань забезпечення національної безпеки і оборони.

4. Необхідно завершити роботу над проектом Стратегії розвитку ВТС.

5. Потребує вдосконалення нормативно-правова база з виконання ДОЗ.

6. На підприємствах оборонної промисловості необхідно посилити роль, відповідальність і взаємодію із замовниками та виконавцями досліджень.

7. Прискорити корпоратизацію та реорганізацію оборонної промисловості відповідно до ринкових вимог.

8. В оборонній промисловості питання забезпечення відповідними кадрами є надважливим.

Значну увагу присутніх привернула грунтовна доповідь **«Першочергові завдання у військово-технічній сфері, що випливають із Закону України «Про національну безпеку України»**, з якою виступив Начальник ЦНДІ ОВТ ЗС України, д.т.н., професор полковник ***ЧЕПКОВ Ігор Борисович***.

Чепков І.Б. відмітив, що протягом останніх трьох років в нормативно-правовому полі безпекової проблематики існувало певне протиріччя між кількома основними стратегічними документами з питань національної безпеки, що були затверджені Президентом України у 2015-2016 роках, та цілим рядом інших чинних законів України. Саме це й породжувало доволі суттєву правову невизначеність значної кількості актуальних аспектів державної політики із забезпечення національної безпеки.

З метою подолання зазначених суперечностей у червні-липні 2018 року був прийнятий Закон України «Про національну безпеку України», у відпрацюванні окремих статей і положень якого активну участь приймали окремі спеціалісти ЦНДІ ОВТ ЗС України.

Охарактеризувавши даний Закон, його відзнаки від документів оборонного планування, які діяли до часу його прийняття, доповідач відзначив, що основні його положення та вимоги формують оновлену парадигму подальшого розвитку ОВТ, новизна якої визначається суттєвими змінами, що внесені в загальну структуру, основні принципи функціонування усього сектору безпеки і оборони, до системи управління ЗС України та алгоритмів оборонного планування.

Виходячи з положень цього Закону, задля виконання його вимог вважається за необхідне:

- забезпечити розроблення у складі майбутньої Стратегій воєнної безпеки України окремого розділу, присвяченого визначенню стратегічних цілей у напряму розвитку ОВТ ЗС України, який у подальшому міг би

виконувати роль стратегії розвитку ОВТ ЗС України на довгостроковий термін;

- вирішити питання подальшої долі діючої Державної цільової оборонної програма розвитку ОВТ на період до 2020 року;

- розробити та затвердити нормативним актом порядок програмно-цільового планування розвитку ОВТ у кожному воєнізованому складовому елементі сектору безпеки і оборони;

- з метою досягнення необхідного рівня об'єктивності та достовірності програмно-цільового планування розвитку ОВТ, виходячи з вимог Закону, прискорити затвердження Стратегії воєнної безпеки України та нової Державної програми розвитку ЗС України (або внесення відповідних змін у таку ж чинну програму) для синхронізації змісту основних документів середньострокового оборонного планування МО України (Державної програми розвитку ЗС України на період до 2020 року та Державної цільової оборонної програми розвитку ОВТ на період до 2020 року або з нових розроблених аналогічних програм);

- забезпечити своєчасне розроблення та прийняття нормативно-правових актів, галузевих нормативних документів складових елементів сектору безпеки і оборони, що передбачені Законом України «Про національну безпеку України» та які стосуються впровадження оновленої системи управління ЗС України, іншими військовими формуваннями; заповнити прогалини в нормативно-правовій базі оборонного планування, які утворилися в результаті втрати чинності Законом України «Про організацію оборонного планування», шляхом розроблення та впровадження відповідних підзаконних актів та галузевих нормативних документів тощо.

Виходячи з цього, підсумував начальник ЦНДІ ОВТ ЗС України, Закон України «Про національну безпеку України», даючи старт важливому етапу реформування системи національної безпеки України, ставить перед військово-технічною сферою нові складні завдання, які мають принципово значення для інтенсифікації процесу подальшого оснащення ЗС України сучасними ОВТ та вимагатимуть самого відповідального ставлення до їх успішного вирішення.

Дані ґрунтовних доповідей провідних фахівців у сфері воєнно-технічної політики України були органічно доповнені **промовами присутніх на конференції фахівців,** зокрема:

начальника управління міжнародного військового співробітництва Департаменту стратегічного розвитку сектору оборони та безпеки МЕРТ України ***ТКАЧУКА Володимира Васильовича*** (доповідь: *"Лібералізація зовнішньоекономічної діяльності для державних інституцій сектору безпеки і оборони"*), начальника управління з реалізації політики імпортозаміщення, стандартизації та якості Державного концерну "Укроборонпром" ***ГОРІНА Миколи Івановича*** (доповідь: *"Нормативно-правове забезпечення життєвого циклу ОВТ в сучасних умовах"*), головного наукового співробітника Національного інституту стратегічних досліджень д.е.н., доцента ***БЕГМИ Віталія Миколайовича*** (доповідь: *"Щодо стратегії ВТС з іноземними державами"*), директора Центру досліджень армії, конверсії та роззброєння ***БАДРАКА Валентина Володимировича*** (доповідь: *"Альтернативні шляхи удосконалення системи переозброєння ЗС України та інших військових формувань держави"*), директора Програми по БпАК ДП «АНТОНОВ» ***ВОРОБЬЙОВА Миколи Митрофановича*** (доповідь: *"Розробка безпілотних авіаційних комплексів на ДП «АНТОНОВ»*), виконавчого директора Громадської спілки «Ліга оборонних підприємств України» ***БРЮШКОВСЬКОГО Олега Вікторовича*** (доповідь: *"Приватні підприємства – невід'ємна складова частина вітчизняного ОПК"*), проректора з наукової роботи Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» д.т.н., професора, академіка НАН України ***ІЛЬЧЕНКО Михайла Юхимовича*** (доповідь: *"Досвід*

наукового супроводження ОПК України"), заступника начальника Спеціального миротворчого центру Національної академії внутрішніх справ кандидат юридичних наук ***КОНДРАТЬЄВА Павла Ярославовича*** (доповідь: *"Миротворча діяльність України, як складова державної воєнної політики"*) тощо.

Своїми виступами та пропозиціями вони доповнили основних доповідачів, розповіли про досягнення своїх організацій та установ у науковій роботі щодо вдосконалення окремих напрямів ВТП та можливих шляхів забезпечення ЗС України новітніми, модернізованими та закордонними зразками ОВТ, щодо конкретних робіт по їх створенню, про труднощі, що стоять на заваді реалізації намічених планів і програм, про перспективи та можливості їх подолання, а також про плани подальших розробок та досліджень у цьому напрямі.

Другий день конференції традиційно проходив по чотирьох секціях, склад яких відбивав функціональну приналежність ОВТ до організаційних структур ЗС України (видів ЗС та родів військ) та напрямів роботи науково-дослідних управлінь (НДУ) ЦНДІ ОВТ ЗС України:

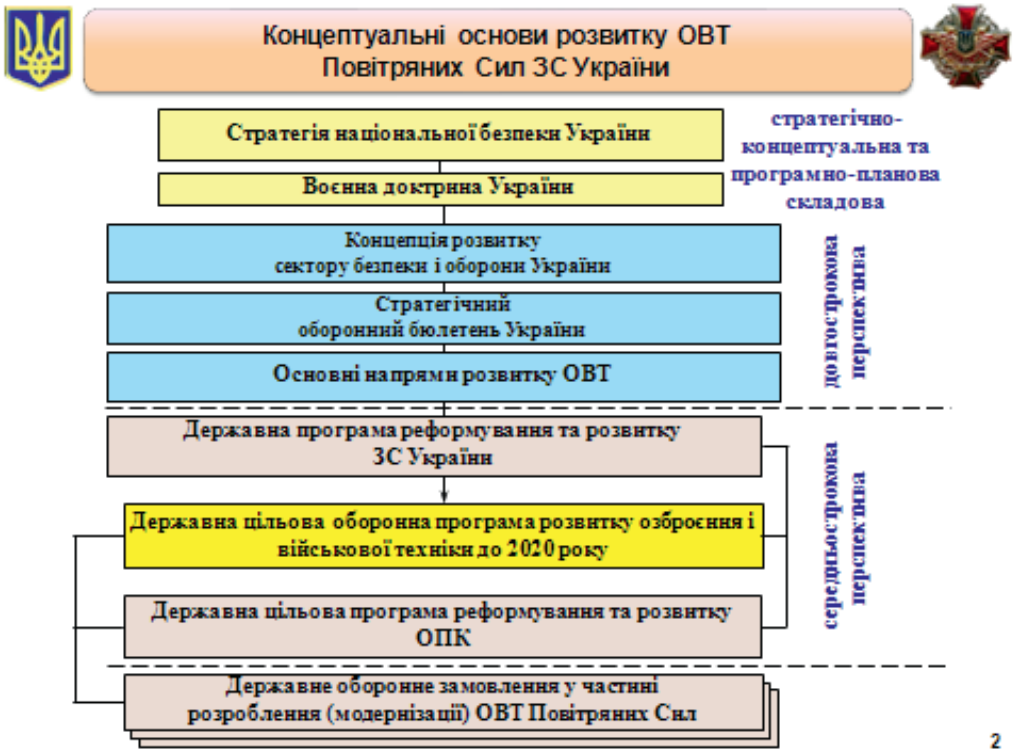
перша – перспективи розвитку ОВТ Сухопутних військ (СВ);

друга – перспективи розвитку ОВТ Повітряних Сил (ПС);

третя – перспективи розвитку ОВТ спеціальних військ (СпВ);

четверта – перспективи розвитку ОВТ Військово-Морських Сил (ВМС).

У роботі першої секції VI науково-практичної конференції взяли участь представники структурних



підрозділів МО та ГШ ЗС України, ОПК України, провідних НДУ та ВНЗ України.

На засіданні були обговорені питання щодо стану та перспектив розвитку системи озброєння СВ, у тому числі – бронетанкових ОВТ, ОВТ ракетних військ і артилерії, військової автомобільної техніки, засобів ближнього бою та бойового екіпірування, ОВТ Сил спеціальних операцій тощо.

Зі вступною доповіддю за темою **“Проблемні питання розвитку ОВТ СВ ЗС України на сучасному етапі”**, яка визначила наступну спрямованість доповідей інших учасників конференції, виступив ТВО начальника НДУ розвитку ОВТ СВ, к.т.н., полковник ***ЛАРІН Олександр Юрійович***.

На початку доповіді Ларін О.Ю. навів приклади бойових та технічних пошкоджень зразків ОВТ під час їх застосування у подіях, що з 2014 року тривають на сході України. Саме характер цих ушкоджень диктує напрями подальшого вдосконалення зразків ОВТ різних типів й видів під час роботи з розроблення новітніх та модернізації наявних у ЗС України зразків ОВТ.

Виходячи з цього, він визначив основні проблемні питання сучасного стану ОВТ, напрямки їх подальшого розвитку (бронетанкового, ракетних військ і артилерії, автомобільної техніки, засобів ближнього бою та бойового екіпірування, ОВТ Сил спеціальних операцій, боєприпасів тощо). Особливу увагу він приділив питанню створення на базі найбільш масових зразків ОВТ – гусеничної, колісної, автомобільної тощо – “сімейств” машин різного функціонального призначення, призначених як для ведення бойових дій, так і для їх всебічного забезпечення.

У подальших виступах учасники конференції на засіданні секції докладно розглянули питання щодо вдосконалення різноманітних зразків ОВТ СВ ЗС України, систем й методів їх захисту від різних засобів ураження, напрями розвитку вітчизняних засобів ураження (боєприпасів), а також низку питань щодо обґрунтування необхідності, розроблення та бойового застосування мобільних наземних роботизованих комплексів спеціального призначення. Саме останній напрямок, на їх думку, є одним з перспективних у війнах сучасності та майбутнього. Однак, для його реалізації на практиці необхідні науковий та промисловий потенціал, з теперішнім станом яких в Україні зараз спостерігаються деякі ускладнення (вітчизняний ОПК, на думку багатьох спеціалістів у військовій справі, у сучасних умовах неспроможний до випуску більшості номенклатури потрібних для ЗС України зразків ОВТ).

У роботі другої секції взяли участь представники чисельних організацій та установ, які переймаються питаннями розвитку, розробки та виробництва ОВТ ПС, зокрема: командування ПС України, установ та підприємств промисловості, науково-дослідних та навчальних установ й закладів України тощо.

Засідання секції розпочав начальник НДУ розвитку ОВТ ПС ЦНДІ ОВТ ЗС України к.т.н., с.н.с. полковник ***Головін Олексій Олександрович***. Він же виступив з вступною промовою **“Проблемні питання та шляхи покращення стану технічного оснащення підрозділів ЗС України авіаційною технікою та озброєнням, а також засобами ППО”**.

Під час виступу Головін О.О. проаналізував проблемні питання підтримання справного стану та боєздатності засобів ППО, авіаційної техніки та озброєння, зенітних систем та комплексів, радіотехнічних та радіолокаційних засобів, безпілотних авіаційних комплексів тощо ЗС України та окреслив можливі концептуальні

напрямки їх розвитку в економічних умовах, що склалися на даний час в Україні.

Зокрема, він зазначив, що сучасний стан оснащення ОВТ ПС, військ ППО та Армійської авіації СВ потребує значного покращення. Рішення цього завдання можливе тільки за умов скоординованих дій її суб'єктів (організацій і посадових осіб, призначених для управління воєнно-технічною політикою і об'єктів (наукових організацій та організацій ОПК) у напрямку обґрунтування, розробки, планування, внесення змін та контролю основних заходів в зазначеній галузі з відповідним фінансовим забезпеченням.

Виходячи із стану ОВТ ПС ЗС України та економічних можливостей держави, Головін О.О. запропонував концептуальні основи розвитку ОВТ ПС ЗС України у цілому та концептуальні напрями та питання розвитку кожного роду військ, що входять до складу ПС.

Присутні на засіданні секції спеціалісти доповнили та розвинули основні тези, що пролунали у вступній доповіді. За результатами її плідного обговорення були визначені можливі, на їх думку, **першочергові заходи щодо покращення стану ОВТ ПС ЗС України**. Серед них:

- налагодження розробки та виробництва на підприємствах України гостродефіцитних складових частин і комплектуючих необхідної номенклатури, і в першу чергу, гостродефіцитних приладів надвисокої частоти;

- зосередження основних зусиль НДУ та підприємств України, в першу чергу, на розробці базових (критичних) технологій, які дозволять створити науково-технічний заділ для розробки перспективних та існуючих зенітних ракетних комплексів;

- прийняття рішень про відкриття ДКР з розробки зразків ОВТ, які є складними та фінансово затратними науково-технічними проектами, здійснювати тільки за результатами виконання аванпроекту та отримання обґрунтованих висновків щодо технічної та фінансової спроможності розробити та налагодити серійне виробництво таких зразків в Україні;

- здійснення досліджень щодо визначення перспективних вимог до літаків винищувальної авіації, їх ролі та місця в перспективній системі ППО України;

- створення єдиної системи автоматизованого збору, обробки та передачі радіолокаційної інформації та нових зон обміну радіолокаційною інформацією із сусідніми державами;

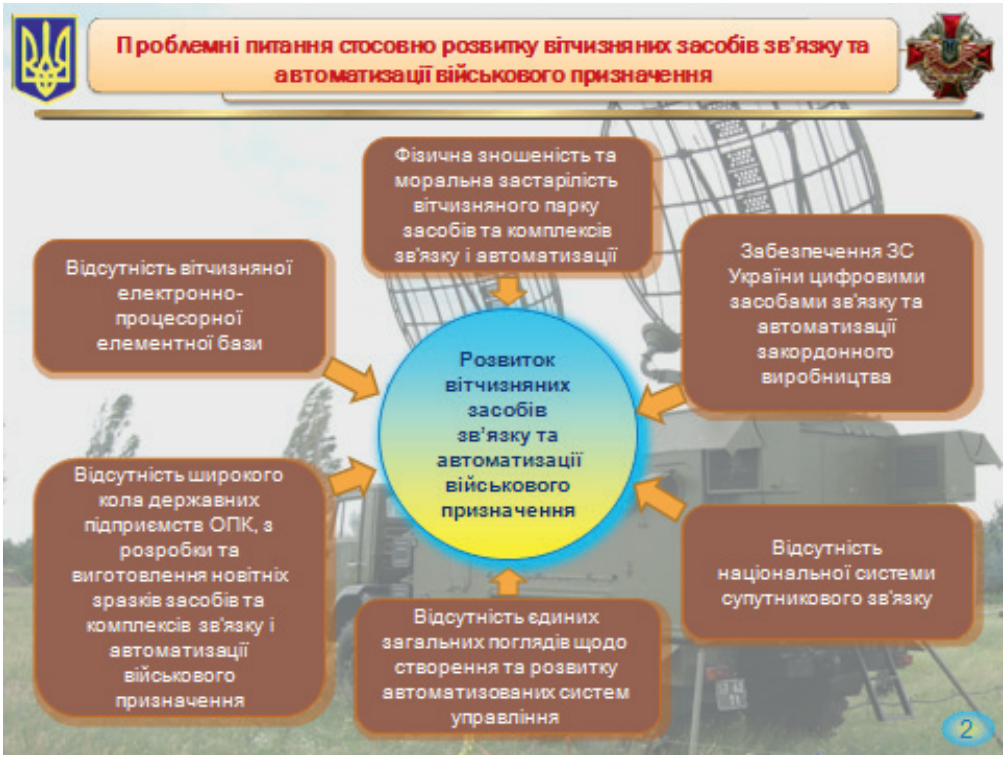
- прискорення початку серійного виробництва національної засекречувальної апаратури впізнавання та національних ключових документів до неї;

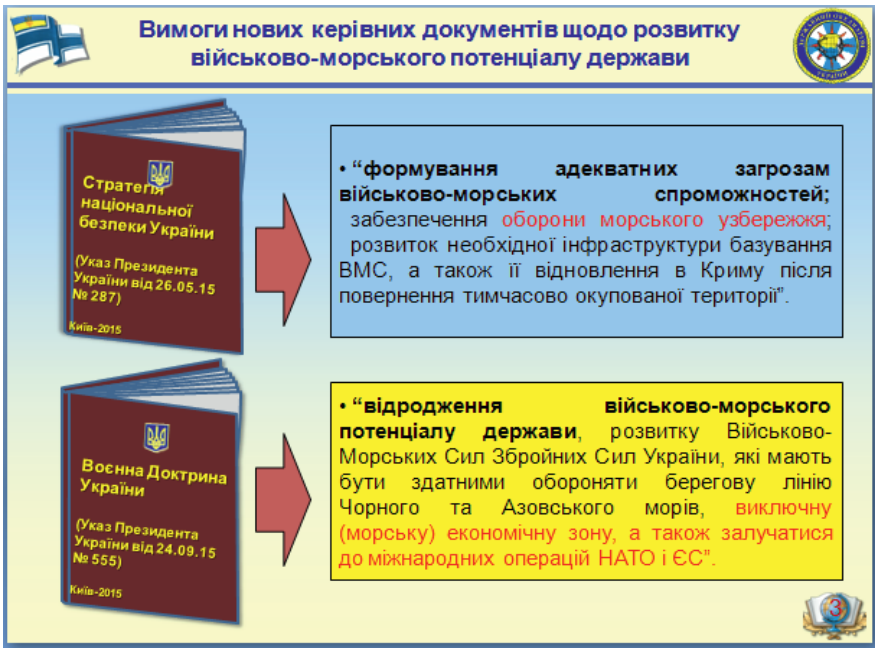
- розроблення та прийняття Концепції розвитку системи радіолокаційного впізнавання повітряних, наземних та надводних об'єктів з урахуванням співробітництва та інтеграції в НАТО тощо.

У роботі третьої секції брали участь спеціалісти, які займаються питаннями розвитку ОВТ СпВ – засобів зв'язку, АСУ, технічного захисту інформації, РЕБ, топогеодезичного та навігаційного забезпечення, інженерного озброєння, техніки РХБ захисту, ОВТ на нетрадиційних принципах дії, структурних підрозділів МО та ГШ ЗС України, НДУ та ВНЗ, генеральні конструктори комплексів, систем озброєння, керівники підприємств ОПК тощо.

Засіданням секції керував головний науковий співробітник ЦНДІ ОВТ ЗС України, доктор технічних наук, професор ***ЛУХАНІН Михайло Іванович***.

На початку засідання виступив начальник НДУ розвитку ОВТ СпВ ЦНДІ ОВТ ЗС України к.т.н., с.н.с. полковник Твердохлібов Володимир Віталійович. У доповіді **"Основні тенденції розвитку ОВТ СпВ. Можливості підприємств України щодо їх реалізації"** він зупинився на тому, що аналіз бойових дій підрозділів ЗС





України, задіяних у конфлікті на сході України, виявив цілу низку проблемних питань забезпечення їх сучасними зразками ОВТ спеціальних військ, а саме: відсутність національної системи супутникового зв'язку та навігації, геопросторових баз даних розвідувальної інформації, сучасних автоматизованих систем управління військами та зброєю, засобів радіоелектронного придушення радіоелектронних засобів протиповітряної оборони, зброї на нетрадиційних принципах дії, а також моральна та фізична застарілість засобів інженерного озброєння та радіаційного, хімічного і бактеріологічного захисту.

Виходячи з цього, доповідач проаналізував основні тенденції можливого розвитку ОВТ СпВ в Україні та здатність підприємств ОПК України щодо їх практичної реалізації. При цьому було зазначено, що особливого значення в системі ОВТ ЗС України, у тому числі, набуватимуть зразки, комплекси і системи, у виробництві яких використовуватимуться новітні (високі, критичні) технології. Серед них, насамперед, нано- та інформаційні технології, технології, що пов'язані із створенням конструкційних матеріалів, генерування потужних імпульсів різнорідного випромінювання та інші.

Вирішення цього важливого та складного завдання потребує урахування багатьох факторів, а саме:

реальних та потенційних викликів та загроз Україні у воєнній сфері;

тенденції розвитку збройної боротьби та ОВТ в світі;

досвіду бойових дій ЗС України, отриманого в ході АТО;

можливостей вітчизняного ОПК щодо задоволення потреб ЗС;

перспективних напрямів ВТС України з визначеними країнами-партнерами;

прогнозних можливостей держави щодо забезпечення розробок та закупівлі ОВТ гарантованими фінансовими ресурсами.

Його думку розподілили присутні на конференції. У своїх промовах вони розглянули більш конкретні питання фактичного стану та можливостей держави щодо забезпечення СпВ новітніми та модернізованими зразками ОВТ, труднощі і проблеми на цьому шляху, напрями щодо їх подолання.

На підставі проведеного аналізу та здійснених раніше наукових досліджень, ними були запропоновані конкретні шляхи зосередження основних зусиль у напрямку розвитку ОВТ СпВ, у тому числі окремо:

засобів зв'язку, автоматизації управління та технічного захисту інформації;

засобів РЕБ;

засобів топогеодезичного та навігаційного забезпечення;

засобів інженерного озброєння;

техніки РХБ захисту;

техніки гідрометеорологічного озброєння;

ОВТ на нетрадиційних принципах дії тощо.

Якщо узагальнити, то стисло їх можна визначити так:

- проведення модернізації існуючих зразків ОВТ, розробка та закупівля новітніх зразків, які відповідають сучасним досягненням провідних країн світу;

- централізована своєчасна заміна застарілих зразків ОВТ, їх утилізація та вивільнення зі складу ЗС України;

- укомплектування військових частин озброєнням та спеціальною технікою, які мають найбільший міжремонтний ресурс, технічно справними та укомплектованими зразками;

- поновлення стратегічних запасів ОВТ на арсеналах, базах та складах з застосуванням контейнерів та пакування;

- підвищення рівня готовності частин СпВ постійної готовності до участі у зоні АТО та забезпечення бойової готовності (технічної справності) їх зразків ОВТ тощо.

У роботі четвертої секції взяли участь представники структурних підрозділів МО та ГШ ЗС України, ОПК України, провідних НДУ та ВНЗ України тощо.

На відкритті секції виступив із вступною промовою начальник НДУ розвитку ОВТ ВМС ЦНДІ ОВТ ЗС

України к.т.н. капітан 1 рангу ***КОСЯКОВСЬКИЙ Андрій Валерійович***.

У доповіді за темою **"Діяльність ЦНДІ ОВТ ЗС України в інтересах ВМС ЗС України за період 2013 – 2018 років"** він розповів про місце НДУ у наукових розробках ЦНДІ ОВТ ЗС України та про основні завдання, науково-дослідні роботи, які виконуються його науковими співробітниками у тісній співпраці з науковими установами та підприємствами промисловості України, які здійснюють дослідження у сфері розвитку ОВТ ВМС.

Характеризуючи кількісно-якісний характер робіт, виконаних співробітниками управління впродовж зазначених років, він зауважив, що замовником усіх робіт був відповідний департамент МО України, який переймається питаннями замовлень та закупівлі ОВТ для ЗС України. У той же час, з боку командування ВМС ЗС України, протягом зазначеного терміну, для виконання в Інституті не було замовлено жодної НДР (НР), незважаючи на щорічні звернення й пропозиції керівництва Інституту до Командування ВМС ЗС України із зазначеного питання.

Такий стан справ треба виправляти, керівництво ЦНДІ ОВТ ЗС України сподівається на порозуміння та підтримку у цьому питанні з боку Командування ВМС ЗС України.

У розвиток вступної доповіді, ***присутніми на засіданні були обговорені питання*** щодо стану та перспектив розвитку системи озброєння ВМС ЗС України, у тому числі – основного корабельного складу, ОВТ бойових кораблів та катерів, засобів висвітлення підводної та надводної обстановки, спеціальної техніки для здійснення підводної діяльності тощо.

У виступах ними було відзначено, що на сьогодні технічний стан ОВТ ВМС ЗС України є критичним. Це обумовлено, насамперед, такими факторами:

втратою основного складу бойових кораблів, значної кількості озброєння та боєприпасів до них у зв'язку з анексією РФ АР Крим;

закінченням термінів служби зразків ОВТ та комплектуючих виробів, що потребує впровадження заходів з їх відновлення шляхом закупівлі послуг з продовження призначених показників та виконання капітально-відновлювальних ремонтів;

відсутністю нормативних запасів технічного майна для супроводження експлуатації зразків ОВТ, які на цей час мають залишки ресурсних показників та не потребують відновлення тощо.

На підставі проведеного аналізу стану, що склався з ОВТ ВМС, аналізу наукового та промислового потенціалів і економічних можливостей України, були окреслені основні **перспективні напрями розвитку та оснащення ВМС зразками ОВТ**.

Серед них:

створення перспективного корвету, ракетних та малих броньованих артилерійських та десантно-штурмових катерів для ВМС ЗС України;

створення протикорабельного ракетного комплексу корабельного базування;

створення зенітного ракетного комплексу корабельного базування;

розвиток корабельних радіотехнічних і оптико-електронних засобів та засобів керування зброєю;

стосовно розвитку засобів зв'язку ВМС ЗС України – створення інтегрованої системи зв›язку та навчально-тренувальних засобів для потреб ВМС ЗС України;

стосовно розвитку гідроакустичних засобів – створення комплексів висвітлення підводної обстановки в місцях базування кораблів;

стосовно артилерійських боєприпасів та міно-торпедного озброєння, які знаходяться на озброєнні ВМС ЗС України – дослідження можливості модернізації міно–торпедного озброєння;

стосовно АСУ ВМС – створення та впровадження інтегрованої цифрової системи зв'язку ВМС ЗС України у складі інтегрованої цифрової системи зв'язку ЗС України;

прогнозування основних вимог до ОВТ ВМС та пошук шляхів їх реалізації;

модернізація фрегата «Гетьман Сагайдачний» тощо.

Загалом, учасники конференції відзначили, що за рік, який минув з попередньої конференції, в Україні є певні зрушення у позитивний бік щодо вирішення окремих питань технічного оснащення ЗС та військових формувань інших силових структур України. У той же час, проблемних питань у цій сфері ще забагато.

Тому, не менш важливим чим пишання здобутками, є питання викриття недоліків й негараздів, які стоять на заваді реалізації намічених планів з технічного оснащення ЗС України новітніми та модернізованими зразками ОВТ, та визначення ефективних шляхів щодо їх недопущення або усунення.

Слід зазначити, що питання повної і безумовної реалізації всіх завдань у військово-технічній сфері у великому ступеню залежать від низки зовнішніх і внутрішніх чинників. У тому числі:

– недостатнє фінансування з боку держави потреб сил оборони України, особливо у частині забезпечення їх необхідними зразками ОВТ;

– неможливість ОПК та наукового потенціалу України забезпечити у повному обсязі задоволення потреб ЗС та інших складових сил оборони України у сучасних зразках ОВТ, ускладнений та тривалий процес закупівлі у країнах ЄС та США сировини, матеріалів, комплектувальних виробів для виробництва ОВТ;

– дублювання та застарілість нормативно-правової бази у сфері оборони та неефективні концептуальні підходи у сфері оборонного планування;

– внесення необхідних змін до нормативно-правових актів у сфері оборони є складним та повільним процесом, що потребує тривалого часу для реалізації;

– низька культура управління та значний час підготовки необхідних фахівців;

– оборонна реформа здійснюється в умовах незавершеного збройного конфлікту в східних регіонах держави, складної соціально-економічної ситуації, обумовленої втратою частини промислового потенціалу України. Реформу необхідно впроваджувати таким чином, щоб

мінімізувати можливий негативний вплив на бойову готовність та спроможності сил оборони;

– складний процес викоренення корупції в системі державних закупівель в інтересах оборони тощо.

МО України, ГШ ЗС України, керівництво та науковці ЦНДІ ОВТ ЗС України всі ці недоліки знають, й у міру своїх можливостей намагаються їх уникати або своєчасно виявляти та усувати. Однак самі ми не можемо вирішити всі складні питання, що є або виникають. Тому керівництво ЗС України чекає від вчених, науковців та промисловців максимальної віддачі, нових ідей, нових конструктивних та технологічних рішень, покращених характеристик озброєння, військової й спеціальної техніки, які дозволять особовому складу, що їх використовує, виконувати всі поставлені перед ними бойові завдання з найвищою ефективністю.

В. К. Борохвостов, кандидат технічних наук, доцент
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

Resume

MILITARY TECHNICAL POLICY

Polishchuk L.I., *senior research of the research laboratory (automated control systems) of the research department (troops control systems).*
Klimovich O.K., *candidate of technical sciences, senior research, doctoral student of the staffing scientific and organizational department.*
Bogutsky S.M., *candidate of technical sciences, senior researcher, leading researcher of the research department (troops control systems).*
Pashestnik O.D., *candidate of technical sciences, senior researcher, senior research of the research laboratory (automated control systems) of the research department (troops control systems).*
(the Land Forces Scientific Center of the Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine)

THE DECISION-MAKING PROCESS FOR MILITARY OPERATIONS IN THE GROUND FORCES OF THE ARMED FORCES OF THE NATO COUNTRIES

The article presents the procedure for making military decisions in the Ground forces of the Armed forces of NATO countries according to their standards. The purpose of the article is to improve the process of making military decisions in the Armed Forces of Ukraine through the use of the order of making military decisions in the armed forces of the NATO countries with their standards. The process of making military decisions is a planning methodology that integrates the activities of the commander, the headquarters in order to understand the situation and combat task, the development and comparison of hostilities, the choice of a courses of action, and the development of an operational plan or order to perform combat task. For a detailed analysis of combat variants, a military game is considered, during which the visualization of the course of operations is taken into account, taking into account the strengths of its troops and their location, the enemy's capabilities and possible variants of combat operations, the impact and needs of the civilian population in the area of the operation, as well as other aspects of the situation. The result of the war game is a refined version of the fighting, a matrix of synchronization completed, as well as a decision support template and a decision support matrix for each version of the fighting. The general method that helps the commander to make the best decision is the matrix of decisions, which is the tool for a careful and logical comparison and evaluation of the courses of action. The synchronization table shows how their troops for a specific action are synchronized in time, space and purpose in relation to the variant of enemy combat operations or other events. To determine the effectiveness and effectiveness of options for the resolution of hostilities in their comparison, the criteria for their evaluation have been determined. The most complex form of conducting a military game is a modern simulation model for the control of troops and weapons is required. Regardless of the form of conduct, each critical event within the framework of the courses of action must be played out through the actions of its troops and counter forces to the enemy.

Keywords: decision-making process, courses of action, military command procedure, military decision-making process.

Borohvostov I.V., *PhD in Engineering Sciences, Senior scientist.*
Bilokur M.O.
(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

ASPECTS OF EXISTING DEFENSE PLANNING DOCUMENTS ON THE WAYS OF THE MILITARY FORMATIONS ARMING

The existing system of defense planning and changes, which are carried out in a new cycle, are analyzed. The search for links connected with such changes and influence on the ways of arming military formations is carried out. A matrix has been developed that links the subjects and defense planning documents. The existence of a scientific basis of the adopted normative and legal acts that are aimed at strengthening national security

has been researched. The discrepancies between the defense planning documents and their possible negative impact on the adaptation of Ukrainian legislation to EU norms and rules in order, to carry out systemic reforms, to the level acceptable for NATO membership are revealed. Appropriate proposals are made in the area of ensuring national security.

Key words: weapons and military equipment armaments, defense planning, links of defense planning documents, ways of arming military formations.

Golovin O.O., *Ph.D., senior researcher, chief of research department of the Central research institute of armament and military equipment of Armed Forces of Ukraine, Kiev.*

Stryzhak O.E., *Dr.Tech.Sc., Senior Researcher, Chief Researcher, Institute of Telecommunications and Global Information Space at the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev*

SEPARATE TECHNOLOGICAL ASPECTS OF IMPLEMENTATION OF THE PRINCIPLES OF NETWORK CENTRICITY IN PERSPECTIVE KNOWLEDGE-ORIENTED INFORMATION AND ANALYTICAL MANAGEMENT SYSTEMS FOR THE DEVELOPMENT OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT

The proposed enhancement of the effectiveness of cooperation between ministries (departments), structural units of the Ministry of Defense of Ukraine and the General Staff of the Armed Forces of Ukraine in the decision of the tasks of management of the development of armament and military equipment is made by integrating their network information resources into a single information and analytical system.

It is shown that the formation of an open network-centric environment should be based on the use of the principles of transdisciplinary ontologies.

This approach will provide efficient processing of large volumes of unstructured and spatially distributed information in a short time.

Keywords: information and analytical system, network-centric environment, knowledge-oriented approach, trace discipline, ontology.

ARTILLERY WEAPONS & SMALL ARMS

Knjazsky O.V., *engineer,*
Mosiychuk S.Y., *engineer,*
(Central Research Institute of Arms and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine)
Shevtsova T. M., *lecturer of chemical technology of macromolecular compounds*
(Departament of Shostka Institute of Sumy State Universitety)

ANALYSIS APPROACHES TO CONSTRUCTION MANAGEMENT SYSTEMS MANAGED ARTILLERY (REACTIVE) PROJECTILE OF SMALL CALIBER

The analysis of possible approaches to the construction of control systems for guided projectile of caliber 120 (122) -mm is carried out. Autonomous, non-autonomous and combined control systems are considered.

Keywords: control system, controlled projectile, medium-quadratic deviation.

Alexandrova T. E., *Doctor of Technical Sciences*
(National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute")

CONSTRUCT THE STABILITY RANGE OF THE DIGITAL SYSTEM OF GUIDING AND STABILIZING THE TANK GUN IN THE FLAT OF VARYING CONSTANTS OF STABILIZATION ALGORITHM

We consider a simplified method for choosing the range of possible values for the variable parameters of the digital guidance system and the stabilization of a tank gun, in which uses the stability range of a closed system.
Keywords: guidance system and the stabilization

AIR DEFENSE SYSTEMS

Nikolaev I. *Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv*

FORMALIZATION OF TASK OF SYNTHESIS OF LOOK OF THE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM OF NEW GENERATION ON THE BASIS OF SYSTEM-CONCEPTUAL APPROACH

One of the possible going is considered near formalization of task of forming of rational technical look of the anti-aircraft missile system of new generation taking into account resource limitations. It is shown that the decision of this task in a methodological plan requires development of the system of imitation-mathematical models, describing the process of the combat operation of anti-aircraft missile systems at implementation of battle job mix in the forecast terms of conduct of battle actions. An algorithm over of forming of look of anti-aircraft missile systems, foreseeing implementation of functional, technical and structural synthesis on the criteria of a maximum of index of battle efficiency of anti-aircraft missile systems and a minimum of cost of creation of her subsystems with the required descriptions is brought. It is shown that offered approach it is allowed to lift level of validity of tactical and technical specifications and technical suggestions on creation of anti-aircraft missile systems of new generation and structure this process as a sequence of interrelate procedures, that, in turn, will allow to pass to development of methods and formalization of the basic stages of functional and circuit technology design of anti-aircraft missile systems of new generation.
Keywords: anti-aircraft missile system, look, operational and tactical requirements, tactical and technical specifications, functional synthesis, technical synthesis, structural synthesis.

NAVY ARMAMENT& EQUIPMENT

Derepa A., *Doctor of Engineering*
Averichev I., *Head of research department*
(Central research institute of armament and military equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)
Leiko O., *Doctor of Engineering*
(National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute")
Kizima D., *Master student*
(National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute")
Svyatnenko A., *Head of research department*
(State Enterprise "Kyiv scientigic-research institute of hydrodevices")

PROPERTIES OF CYLINDRICAL SONAR TRANSDUCERS WITH INTERNAL FLEXIBLE SCREENS

Analytical relations are given and on their basis, the properties of the mechanical fields of cylindrical piezoceramic transducers with internal acoustic soft screens are investigated by numerical methods. Established in a wide frequency range, the regularities of the behavior of the frequency and angular dependences of the amplitudes and phases of the oscillatory velocity on the screen size and the degree of its removal from the center of the piezoceramic transducer shell.
Keywords: cylindrical piezoceramic transducer, internal screen, sound emission.

PRODUCTION, MODERNIZATION, MAINTENANCE

Potapenko S., *Engineer-designer-technolog, private sector, (Izum, Kharkiv region)*

DESICCANT-CARTRIDGES FOR MILITARY ELECTRO-OPTICAL SYSTEMS

The present science publication is research and development on desiccant-cartridges for military electro-optical systems, in-which author reviewed designs, technologies, materials, products to domestic-manufacture with to progress on base historical and modern technologies.

Keywords: water damage; corrosion; degradation; desiccant; porous materials; alkali-borosilicate glass; liquation; phase separation process; thermal treatment; acidic treatment; soak acidic; chemical process; desiccant-cartridge; military electro-optical systems.

Ryzhov Y., *PhD*
(National Academy of Land Forces named after Getman Petro Sakhajdachnyi, Lviv)
Sakovych L., *PhD., Ass.Prof.*
(Institute for Special Communications and Information Protection of KPI named after Igor Sikorsky)
Nastishin Yu., *Doctor of Technical Sciences, Senior Scientist*
Kirillova N.
(National Academy of Land Forces named after Getman Petro Sakhajdachnyi, , Lviv)

JUSTIFICATION OF MINIMALLY NECESSARY REQUIREMENTS FOR MEASUREMENT MEANS WITH A TWO-PERFORMED DIAGNOSTIC SYSTEM IN THE PROCESS OF THE CURRENT REPAIR OF MILITARY COMMUNICATION MEANS

The relevance of the article is to minimize the cost of metrological services for military communications equipment due to insufficient funding for technical maintenance activities in general. The article substantiates the minimum necessary requirements for measuring instruments with a two-step diagnostic system in the process of maintenance of military communications equipment, which ensures a reduction in the time for its restoration by improving the diagnostic software. The proposed flowchart of the algorithm to minimize the cost of measuring instruments while maintaining the required level of maintainability of military communications equipment. The results obtained make it possible to assess the quality of the metrological support for the maintenance and repair of military communications equipment. The order of use of the obtained results is shown on the example of developing diagnostic support for the power supply unit of the pathogen and radio receiver of the medium power station R-161 and its diagnostic model is presented in the form of a graph of information and energy links.

It has been established that the effect of using the results obtained in the article is to reduce to 18% the average recovery time of an average-power radio station P-161 by improving diagnostic and metrological support. The results obtained should be used in the quantitative assessment of indicators of the diagnostic support of military communications equipment.

Keywords: measuring instruments, diagnosing, metrological support of technical maintenance, military communication means.

Формат 60 х 84 1 / 8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.
Обсяг 13,65 ум. др. арк., 8,00 обл.-вид. арк. Наклад 250 прим. Зам. № 1704-4.

Видавничий дім Дмитра Бураго
Свідоцтво про внесення до державного реєстру ДК № 2212 від 13.06.2005 р.
04080, Україна, м. Київ-80, а / с 41
Тел. / факс: (044) 227-38-28, 227-38-48; **e-mail:** info@burago.com.ua, **site:** www.burago.com.ua

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

Стаття подається в одному примірнику друкованого тексту на білому папері формату А4 у редакторі Microsoft Word шрифтом Times New Roman, розмір літер – 12 пт, стиль – normal (звичайний), міжрядковий інтервал – 1.2, абзац з відступом 8 мм, інтервал перед та після абзацу – 0 пт, параметри сторінки: зліва – 30 мм, справа – 15 мм, зверху та знизу – 20 мм, від краю до верхнього колонтитула – 15 мм, до нижнього – 25 мм; сторінки без нумерації.

Наукова праця має бути підписана авторами на звороті останнього аркуша та якісно відредагована.

До статті додаються: **акт експертизи** про можливість відкритого опублікування; **витяг з протоколу** засідання науково-технічної ради установи (підрозділу) з обґрунтуванням доцільності опублікування роботи; **рецензія** за підписом провідного вченого у даному напрямі наукових досліджень – доктора наук; **дані про авторів** із зазначенням прізвища (великими літерами), імені та по батькові (повністю), наукового ступеня, вченого звання, посади або професії, наукових інтересів (обов'язково), домашньої адреси, контактного телефону, факсу, e-mail.

Разом зі статтею подається її електронний варіант (по e-mail, на CD або дискеті 3,5") з файлами, які містять текст статті українською мовою, анотацію українською, російською, англійською мовами, а також дані про авторів.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РУКОПИСУ

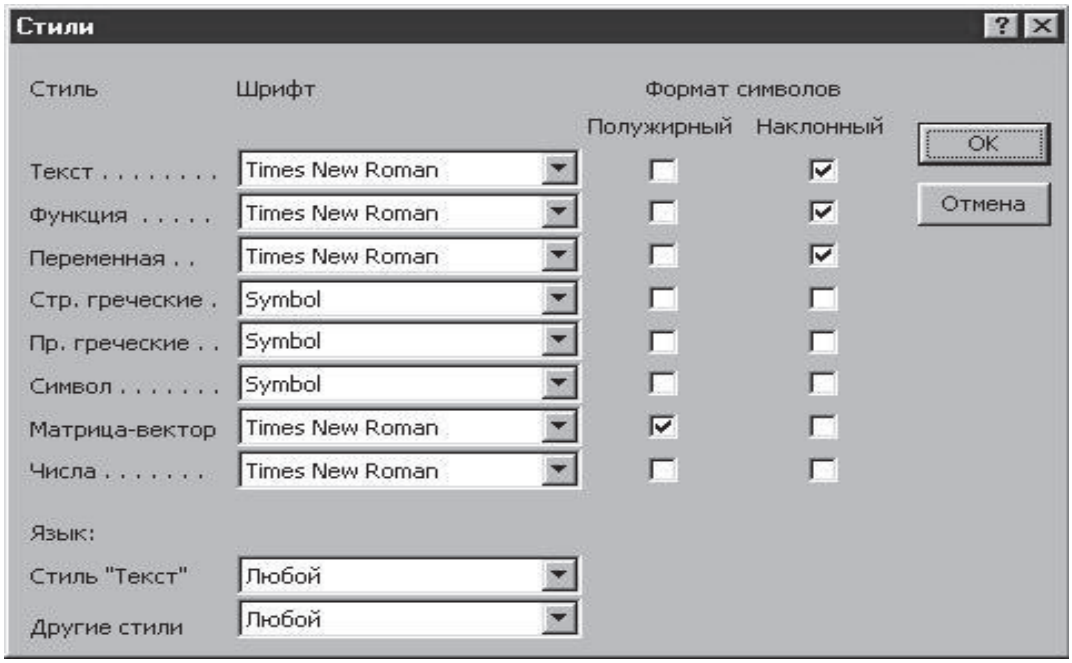
1. Індекс УДК зазначається у лівому верхньому куті перед відомостями про авторів.

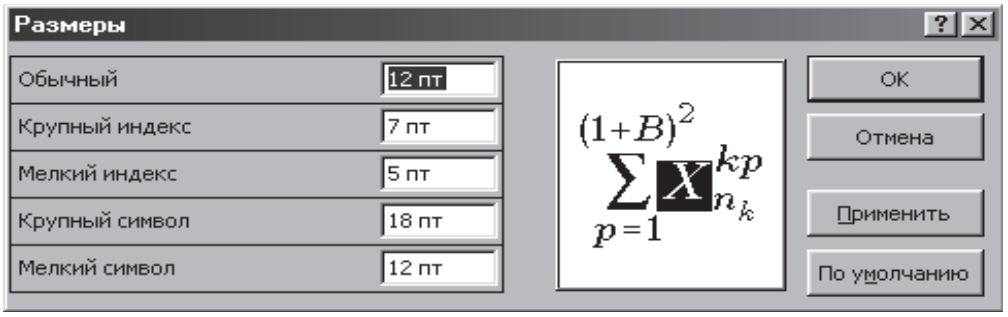
2. Ініціали та прізвища авторів – у правому куті (без наукового ступеня та вченого звання, шрифт напівжирний, без нахилу і підкреслювань).

3. Назва статті друкується великими літерами (шрифт напівжирний, без нахилу і підкреслювань) по центрі аркуша без переносів і відокремлюється від тексту одним вільним рядком зверху та знизу.

4. Анотація українською мовою друкується курсивом під назвою статті й відокремлюється від заголовка та тексту одним вільним рядком, анотації російською й англійською мовами друкуються після списку літератури.

5. Формули у статтях повинні бути надруковані за допомогою редактора формул ***Equation Editor***. Усі параметри в статтях мають повністю відповідати наведеним нижче формам:





Усі формули розміщують у таблиці без обрамлення, по центрі, без абзацу. Номер формули зазначається посередині висоти другої колонки з виключкою вправо.

Усі буквені позначення у формулах та рисунках, а також у тексті статті повинні бути однакові за розміром і гарнітурою. Допускаються виділення напівжирним шрифтом, курсивом та підкреслювання за бажанням автора.

6. Рисунки до статті потрібно виконувати у редакторі Microsoft Word за допомогою функції «Створити малюнок». Не допускаються рисунки, оформлені як растрові зображення або такі, що не піддаються редагуванню. Усі текстові написи на рисунках слід робити тільки в кадрах або текстових рамках. Розміри рисунка не повинні виходити за рамки полів.

7. Стандартні таблиці слід виконувати в редакторі Microsoft Word. Вони повинні мати короткий заголовок.

8. Список літератури подається загальним списком у кінці рукопису та складається відповідно до посилань на літературні джерела в тексті. Бібліографічний опис оформлюється згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Необхідно дотримуватися вимог ВАК України щодо оформлення статей, п. 3 постанови від 15.01.03 № 7-05/1. Структура наукової статті повинна мати такі елементи: **постановка проблеми**; **огляд останніх досліджень і публікацій** з цієї проблеми; **формулювання завдання дослідження**; **виклад основного матеріалу дослідження** з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; **висновки**; **список використаних джерел.**

Редакція не несе відповідальності за зміст наукової праці та залишає за собою право відмови від опублікування статей, що не відповідають проблематиці журналу й умовам оформлення матеріалів.

Статті приймаються **за адресою**: 03049, м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Телефон для довідок: (044) 271-08-78 (дод. 2-13-78).

E-mail: cndi_ovt@mil.gov.ua.

Формат 60 х 84 1 / 8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.
Обсяг 12,35 ум. др. арк., 7,00 обл.-вид. арк. Наклад 250 прим. Зам. № 1704-4.

Видавничий дім Дмитра Бураго
Свідоцтво про внесення до державного реєстру ДК № 2212 від 13.06.2005 р.
04080, Україна, м. Київ-80, а / с 41
Тел. / факс: (044) 227-38-28, 227-38-48; **e-mail:** info@burago.com.ua, **site:** www.burago.com.ua